

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 621.310

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) В.І.Дешко
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

на тему: «Підвищення рівня енергоефективності СЗШ № 74 за рахунок рекуперації
повітря»

Виконав: студент VI курсу, групи ОТ – 81мп
(шифр групи)

Більда Ігор Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____
(підпис)

Керівник _____
доцент, к.т.н., Виноградов-Салтиков В.О..
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. _____

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. _____

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.І. Дешко
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Більді Ігору Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення рівня енергоефективності СЗШ № 74 за рахунок
рекуперації повітря»,

науковий керівник дисертації Виноградов-Салтиков В.О., к.т.н, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» 11__ 2019 р. № 3814-с __

2. Термін подання студентом дисертації 9 грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження система енергозабезпечення середньої
загальноосвітньої школи №74

4. Вихідні дані до магістерської дисертації _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) розрахунок тепловтрат та
теплонадходження до запровадження заходів з енергозбереження; 2) аналіз
споживачів електричної енергії школи; 3) побудова балансів споживання
енергоресурсів та засобів з енергозбереження; 4) модернізація системи
вентиляції за рахунок рекуперації повітря; 5) створення системи енергетичний
менеджменту; 6) стартап-проект щодо впровадження жалюзі з
фотоелектричними елементами у школі.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Креслення: 1 – Теплова схема, 2 – Електрична схема 3 – Інформація про будівлю, 4 – Спецпитання; презентація _____

7. Орієнтовний перелік публікацій II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 02.09. 2019 р.

Календарний план

№ з/П	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Загальні відомості про об'єкт дослідження</i>	28.10.2019 - 11.11.2019	
2	<i>Інжиніринг енергетичних систем</i>	28.10.2019 - 07.12.2019	
3	<i>Спецпитання</i>	28.10.2019 - 07.12.2019	
4	<i>Енергоменеджмент та моніторинг</i>	28.10.2019 - 11.11.2019	
5	<i>Стартап-проект</i>	11.11.2019 - 07.12.2019	
6	<i>Нормативне оформлення магістерської дисертації</i>	11.11.2019-07.12.2019	
7	<i>Попередній захист</i>	09.12.2019-13.12.2019	

Студент

(підпис)

Більда І.М.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

Виноградов-Салтиков В.О.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Підвищення рівня енергоефективності СЗШ № 74 за рахунок рекуперації повітря» складається з 118 сторінок, 26 рисунків, 57 таблиць, а також містить 16 джерел в переліку посилань.

Актуальність теми полягає в ефективному використанні рекуперативних установок з метою зменшення тепловтрат та отримання чистого, свіжого повітря у приміщеннях.

Метою роботи є аналіз існуючих рекуперативних повітряних систем для невеликих приміщень, з подальшим вибором кращої конструкції та конструктивного рішення по її впровадженню для системи вентиляції окремих класів школи.

Завдання дослідження – зробити висновок про кліматичні умови у класі школи під час навчання протягом дня, а саме рівень CO_2 у класі та коридорі. Дослідити ефективність застосування рекуператорів теплоти повітря, визначити частку повернення теплоти, яка втрачається з інфільтрацією. Визначити оптимальні параметри рекуператорів для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях учбових класів. Порівняти рекуператори різних фірм, які є на ринку. Обрати кращий варіант для існуючої ситуації

Об'єкт дослідження – застосування рекуперації повітря у СЗШ № 74».

Предмет дослідження – вивчення конструктивних і енергетичних характеристик рекуператорів повітря.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні використання рекуперативних установок у загальноосвітньому закладі.

Отримані результати, запропоновані методики та підходи можуть використовуватись для аналізу ефективності застосування рекуперації теплоти повітря.

Публікації.

Підготовлено статтю на II науково-технічну конференцію магістрантів ІЕЕ., м. Київ, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» 2019 рік.

Ключові слова та словосполучення: енергозбереження, енергоспоживання, навантаження, втрати, економія, рекуператор повітря, вентиляція, повітрообмін, комфортні умови, вміст двоокису вуглецю.

ABSTRACT

Master's Thesis "Improving the Energy Efficiency of the Secondary School No. 74 by Air Recovery" consists of 118 pages, 26 figures, 57 tables, and also contains 16 sources in the list of references.

The urgency of the topic is the effective use of recuperative plants to reduce heat losses and to obtain clean, fresh air in the premises.

The purpose of this work is to analyze the existing recuperative air systems for small rooms, with the subsequent choice of the best design and constructive solution for its implementation for the ventilation system of individual classes of the school.

The objective of the study is to draw conclusions about the classroom climate during the daytime study, namely the level of CO₂ in the classroom and in the corridor. Investigate the efficiency of the use of air heat recuperators, determine the fraction of heat recovered that is lost by infiltration. Determine the optimal parameters of the recuperators to provide a comfortable microclimate in the classrooms. Compare the recuperators of different companies in the market. Choose the best option for the current situation

The object of the study is the use of air recuperation in secondary school № 74 .

The subject of the study is to study the structural and energy characteristics of air recuperators.

The scientific novelty of a master's thesis is to investigate the use of recuperative facilities in a comprehensive institution.

The results, proposed techniques and approaches can be used to analyze the efficiency of air heat recovery.

Publications.

Article prepared for the II Scientific and Technical Conference of IEU Masters, Kyiv, National Technical University of Ukraine. Igor Sikorsky »2019.

Key words and phrases: energy saving, energy consumption, load, loss, economy, air recuperator, ventilation, air exchange, comfortable conditions, carbon dioxide content.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1 Загальні відомості про об’єкт дослідження	12
1.2 Опис енергетичних систем об’єкту.....	13
1.3 Річне споживання енергоносіїв	14
1.3.1 Річне споживання електричної енергії.....	14
1.3.2 Річне споживання теплової енергії	15
1.3.3 Річне споживання холодної води.....	17
1.3.4 Структура витрат енергоносіїв	18
1.4 Профіль використання енергії	20
1.5 Попередні заходи з енергозбереження.....	20
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	21
2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі.....	21
2.1.1 Аналіз поточного стану	21
2.1.2 Розрахунок теплових витрат.....	27
2.1.3 Складання теплового балансу	33
2.1.4 Розрахунок енергопотреби на опалення	37
2.1.5 Пропозиції щодо модернізації системи	52
2.2 Дослідження системи опалення	61
2.3 Дослідження системи вентиляції	62
2.4 Дослідження системи електропостачання	63
2.4.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії	63
2.4.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання	65
2.4.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією	73
2.4.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об’єкту для реалізації завдань магістерської дисертації	76
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ У КЛАСАХ ШКОЛИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРУБНИХ РЕКУПЕРАТОРІВ	81
3.1 Огляд проблем та постановка задачі.....	81

3.2 Експериментальна частина.....	82
3.3 Класифікація та вибір рекуператорів повітря	85
3.4 Розрахунок ефективності використання рекуператорів теплоти	92
4 СТАРТАП-ПРОЕКТ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ЖАЛЮЗІ ІЗ СОНЯЧНИМИ ФОТОЕЛЕМЕНТАМИ У ШКОЛАХ.....	98
4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту	98
4.2 Обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї стартап- проекту.....	99
4.3 Аналіз конкурентного середовища.....	100
4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту.....	103
4.5 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	103
4.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту	104
4.6.1 Прямі матеріальні витрати.....	104
4.6.2 Витрата на оплату праці.....	105
4.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань.....	105
4.6.4 Інші прямі витрати.....	106
4.6.5 Загально-виробничі витрати.....	107
4.6.6 Умовно-змінні витрати.....	107
4.6.7 Умовно-постійні витрати.....	108
4.6.8 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту...108	
4.7 Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї.....	109
4.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології.....	110
4.9 Цільові групи потенційних споживачів.....	111
4.10 Бізнес-модель проекту.....	112
5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ.....	114
5.1 Поточний стан.....	114
5.2 Опис заходу.....	114
ВИСНОВКИ.....	117
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

ЕП – електроприймач;

ТП – трансформаторна підстанція;

ГВП – гаряче водопостачання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЕМ – енергетичний менеджмент.

ТН – тепловий насос

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

B – витрата палива;

Q – теплота;

Q^P_H – нижча робоча теплота згорання палива;

q_0 - питома опалювальна характеристика будівлі; $t_{вн}$ – внутрішня температура;

$t_{p.o}$ – розрахункова температура на опалення;

δ – товщина;

ІНДЕКСИ

b – базовий;

$вн$ – внутрішній;

$з$ – зовнішній.

ВСТУП

З кожним роком питання ефективного використання енергоресурсів стає все більш актуальним через їх обмеженості і, як наслідок, регулярного подорожчання. В Україні процес впровадження нових технологій в повсякденне життя трохи затягнувся в порівнянні з країнами Європи та Америки, а проблемам енергоефективності стали приділяти належну увагу зовсім недавно. Економічна криза і регулярне зростання цін на енергоносії підштовхнули українців переглянути свої витрати і відмовитися від багатьох марнотратних звичок в побуті, а також здійснювати теплову модернізацію своїх будинків, місць роботи і т.д.

Наша держава також вкрай стурбована питаннями енергоефективності. Уряд затвердив цільову програму енергозбереження, сприяє економному використанню українським споживачем енергоресурсів і зниження витрат на житлово-комунальні послуги. Також існує безліч спеціалізованих програм від європейських фондів і міжнародних організацій щодо впровадження в Україні механізмів енергоефективності. Зазначені програми розроблені як для власників приватних будинків і котеджів, квартир в багатоповерхових житлових будинках, так і для громадських організацій та адміністративних будівель.

Можна відзначити, що установка трубних рекуператорів повітря знизить тепловтрати і при цьому дозволить отримувати свіже повітря, зберігши тепло у школі. Це дозволить створити більш комфортні кліматичні умови для школярів. Вже давно відомо, що великий вміст в повітрі шкідливих речовин призводить до зниження працездібності, погіршення самовідчуття, зменшення мотивації та настрою. Рекуператори призначені для постійного підтримання необхідної кількості свіжого повітря в приміщенні без будь-якого відкривання вікон і провітрювання, забезпечуючи при цьому істотну економію на опаленні. Крім цього, додатковими перевагами установки рекуператорів є виведення зайвої вологи з приміщення, відсутність проблеми запотівання вікон, захист від появи цвілі і грибка, захист від вуличного бруду, пилу і комах.

Також при існуючій економічній ситуації в Україні великою перевагою буде те, що модернізацію системи вентиляції за допомогою автономних рекуператорів можна здійснювати поступово, тобто непотрібні миттєві великі капіталовкладення.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є середня загальноосвітня школа №74, що знаходиться в місті Києві, Україна, за адресою: вул. Смоленська 4.

1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Школа № 74 була збудована у 1938 році.

Утеплення огорожувальних конструкцій раніше не робилося.

Школа має 3 поверхи та складається з двох основних частин: основна будівля та спортзал.

Зовнішні стіни будівлі виконані з силікатної цегли товщиною 545 мм, ззовні вкриті шаром шпаклівки. Зовнішній фасад знаходиться у задовільному стані.

Певна частина вікон металопластикові (подвійний склопакет) , інші – дерев'яні. Вікна з подвійним склінням у дерев'яних спарених рамах в незадовільному стані. Дерев'яна конструкція деяких віконних рам має суттєві пошкодження, через які пропускає зовнішнє повітря. Це призводить до збільшення втрат тепла на інфільтрацію. Загальна площа металопластикових вікон – 463,6 м² , дерев'яних – 244 м².

Вхідні двері будівлі дерев'яні, не утеплені, через них спостерігаються значні тепловтрати. Загальна площа дверей рівна 32,5 м².

Дах плоский, знаходиться безпосередньо над опалювальними приміщеннями. Перекриття виконано з залізобетонної панелі товщиною 250 мм та ззовні вкрито шаром утеплювача (100 мм) та подвійним шаром гідроізоляції – руберойдом (10 мм). Площа даху – 1658 м².

Підвал неопалювальний під всією площею будівлі. Перекриття підлоги складається з залізобетонної плити, товщина якої 200 мм, шару цементно-піщаної стяжки – 60 мм, верхній шар – паркет, товщиною 20 мм. Підлога знаходиться над неопалювальним підвалом.

Площа будівлі по ґрунту складає 1602 м², опалювальний об'єм – 17622 м³.

Робочий день персоналу закладу з 8.00 до 15.00

Загальна кількість персоналу складає 70 людей. Дітей, які знаходяться у школі – 530.

Детальна інформація по площам огорожувальних конструкцій зведена у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Площі огорожувальних конструкцій

Площа будівлі по ґрунту, м ²	1602
Площа зовн-х стін, м ²	1700,4
Площа вікон, м ²	707,6
Площа горища, м ²	1658
Товщина стін, м ²	0,571
Опалювальний об'єм, м ³	17622

1.2 Опис енергетичних систем об'єкту

Система теплопостачання одно трубна, залежна схема підключення системи опалення до теплових мереж. Існуюча теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення знаходиться в задовільному стані, але є місця, де її потрібно замінити.

Гаряче водопостачання об'єкта здійснюється шляхом центрального водопостачання.

Система вентиляції витяжна, але на кухні встановлені витяжки.

Система внутрішнього освітлення будівлі складається з люмінесцентних ламп, кількістю 704 штук та потужністю 18 Вт. Система зовнішнього освітлення будівлі складається з ртутних ламп ДРЛ-400, кількістю 12 штук та потужністю 400 Вт кожна.

Холодне водопостачання здійснюється від міського водоканалу.

Електрощитова у школі знаходиться в окремому приміщенні на 1 поверсі. Доступ до електрощитової має директор та завгосп. Вона складається з 2

лічильників. Кожен лічильник відповідає за власну секцію ГРЩ. До першої секції відноситься освітлення та розетки однієї частини школи, харчоблок. До другої секції освітлення та розетки другої частини школи, підвал.

1.3 Річне споживання енергоносіїв

Об'єми споживання теплової енергії, електроенергії і водних ресурсів наведено в таблицях 2.1 – 2.3. Робочий день персоналу закладу – з 8.00 до 17.00. Дані по споживанню взяті за 2016-2018 р.р.

1.3.1 Річне споживання електричної енергії

Річне споживання електричної енергії в 2016 - 2018 р.р., за місяцями заносимо у таблицю 1.2 та проаналізуємо споживання енергоносія (рис. 1.1).

Таблиця 1.2 – Річне споживання електричної енергії

Місяць	2016		2017		2018	
	кВт· год	грн	кВт· год	грн	кВт· год	грн
Січень	7118	11284	7163	13661	5610	11275
Лютий	8971	14221	6503	12403	8770	17966
Березень	5905	9829	6797	12963	6801	13488
Квітень	5051	8492	6379	12166	6027	11588
Травень	5154	8565	5905	11938	7529	14619
Червень	2388	4099	3356	6785	2950	5721
Липень	1368	2465	1120	2449	1335	2624
Серпень	1088	1961	1277	2754,9	1595	3109
Вересень	3639	6558	2673	5766	8289	16237
Жовтень	5480	10000	8367	19778	9133	18021
Листопад	7962	14530	7845	18554	6815	13374
Грудень	7879	14378	8427	19920	9583	18988
Всього	62003	106382	65812	139137,9	74437	147010

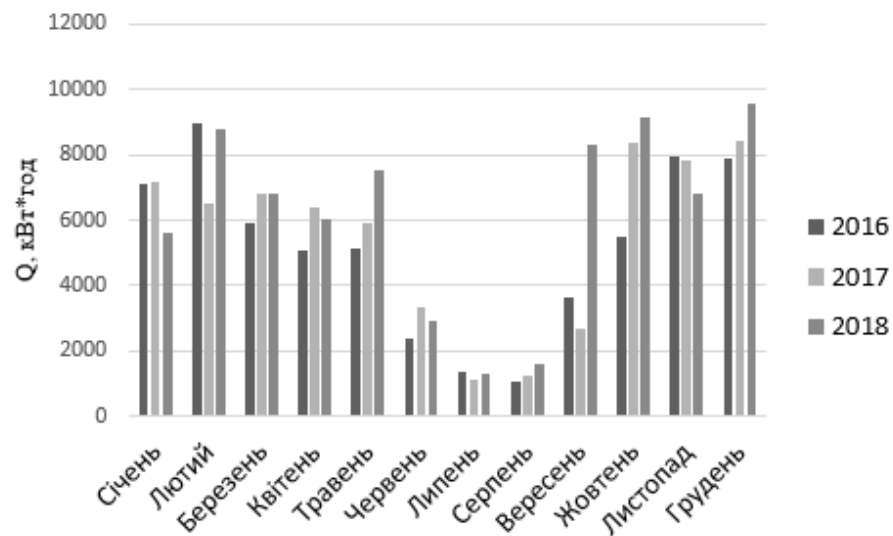


Рисунок 1.1 – Графік споживання електричної енергії СЗШ № 74 у 2016-2018 р.р.

Річні споживання близькі один до одного, хоча спостерігаються певні піки в окремі місяці. Більше електроспоживання взимку обумовлене малою тривалістю світлої пори доби, тому освітлення працює значно довше. Влітку тривалість світлої пори доби найбільша, тому освітлення мало використовується, також влітку діти не навчаються в зв'язку з канікулами. На діаграмі 1.1 також помітно те, що споживання електричної енергії на протязі трьох років є різним. Це зумовлено також кліматичними умовами, тобто деякі роки були тепліші, а деякі холодніші.

1.3.2 Річне споживання теплової енергії

Річне споживання теплової енергії в 2015 - 2017 р.р., за місяцями заносимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Річне споживання теплової енергії

Місяць	2016		2017		2018	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
Січень	71,9	95438	99,4	155611	86,9	137498
Лютий	65,8	87280	78,24	121726	87,5	121059

Продовження таблиці 1.3

Березень	61,4	109604	56,55	87686	72,58	100417
Квітень	20,8	35218	18,52	28717	22,28	30833
Травень	3,62	5691	0	0	1,81	2509
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	4,4	5889,7	0	0
Серпень	0	0	5,4	7302	0	0
Вересень	0	0	2,27	3036	1,66	2214
Жовтень	34,6	54036	34,61	47921	6,15	8170
Листопад	45,1	68267	74,11	102686	35,53	47195
Грудень	53,22	80010	88,55	122694	65,97	87630
Всього	356,44	535544	462,05	683268,7	380,38	537525

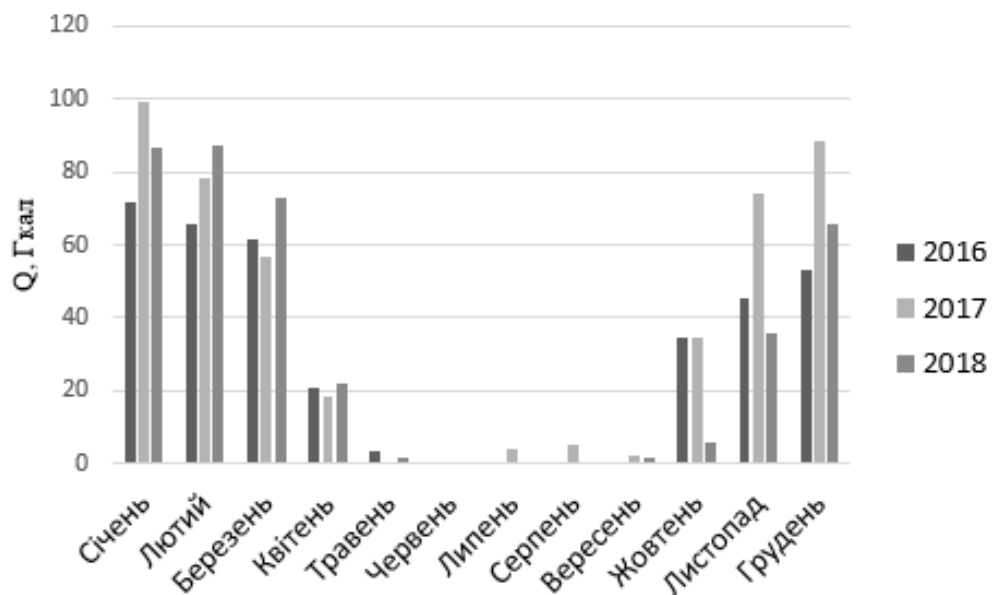


Рисунок 1.2 – Споживання теплової енергії СЗШ №74 в 2016-2018 р.р.

Споживання теплової енергії різняться, що можна пояснити кліматичними умовами за якими теплопостачальна організація визначає температуру води, яка подається.

1.3.3 Річне споживання холодної води

Дані по споживанню холодної води заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Річне споживання холодної води

Місяць	2016		2017		2018	
	м³	грн.	м³	грн.	м³	грн.
Січень	105	408	110	505,5	180	1103
Лютий	102	396	73	335,5	370	2268
Березень	147	571	164	753,7	125	766
Квітень	119	462	126	579,1	124	760
Травень	146	606	138	634,2	181	1109
Червень	109	500	62	284,95	161	1222
Липень	65	298	31	142,18	263	1997
Серпень	57	262	39	199,22	245	1861
Вересень	91	418	58	355,66	17	129
Жовтень	123	565	190	1165,08	243	1858
Листопад	124	570	121	741,97	252	1924
Грудень	127	583	238	1459,4	263	2012
Всього	1315	5639	1350	7156,46	2424	17009

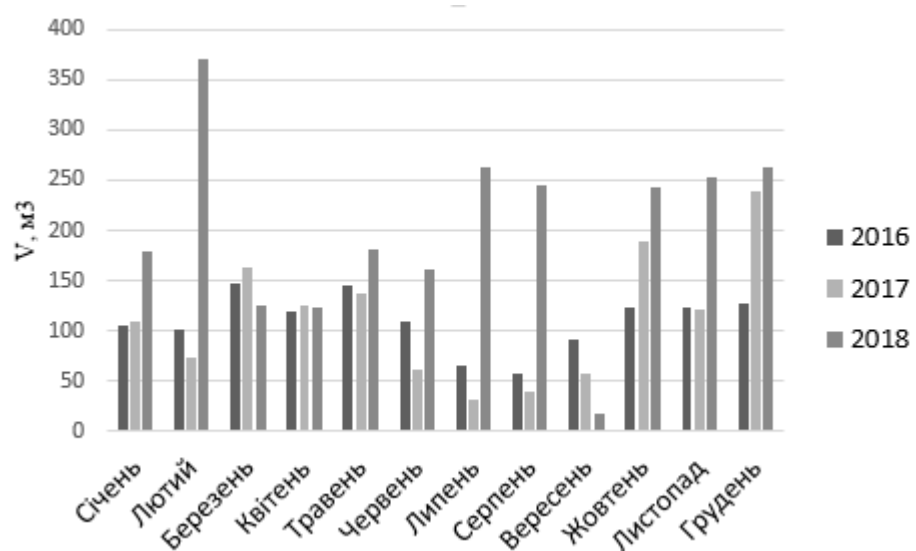


Рисунок 1.3 – Споживання холодної води СЗШ №74 в 2016-2018 р.р.

Холодна вода використовується для особистої гігієни, миття посуду, прибирання, та інших побутових потреб.

Річні споживання близькі за значеннями, хоча спостерігаються деякі піки та падіння. Такі зміни та скачки пов'язані з навчальним процесом. Для прикладу, влітку значно менше споживання оскільки діти на канікулах, а у всіх інших триває процес навчання.

1.3.4 Структура витрат енергоносіїв

Структура витрат наведені в табл. 1.5 – 1.7 та рис. 1.4 – 1.6.

Таблиця 1.5 . Структура оплати енергоносіїв СЗШ № 74 за 2016 р.

Назва теплоносія	Витрати (грн.)	Витрати (%)
Холодна вода	41105,6	9
Теплова енергія	328706	75
Електрична енергія	69527,2	16

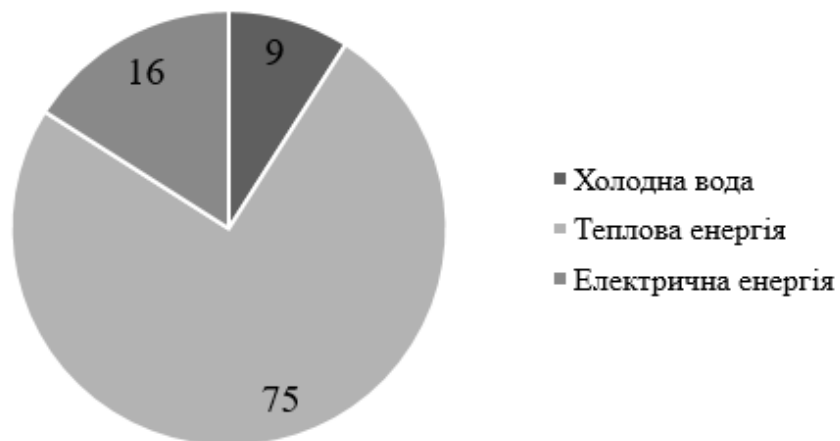


Рисунок. 1.4 – Структура оплати енергоносіїв за 2016 р.

Таблиця 1.6 – Структура оплати енергоносіїв СЗШ № 74 за 2016р.

Назва теплоносія	Витрати (грн.)	Витрати (%)
Холодна вода	20869,95	4
Теплова енергія	485791,5	80
Електрична енергія	97674,7	16

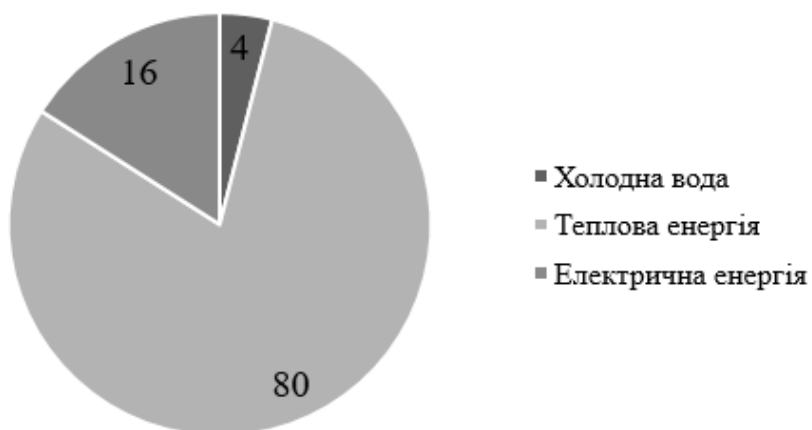


Рисунок. 1.5 – Структура оплати енергоносіїв за 2017р.

Таблиця 1.7 – Структура оплати енергоносіїв СЗШ № 74 за 2018р.

Назва теплоносія	Витрати (грн.)	Витрати (%)
Холодна вода	24839,9	9
Теплова енергія	458950,4	75
Електрична енергія	117021,4	16

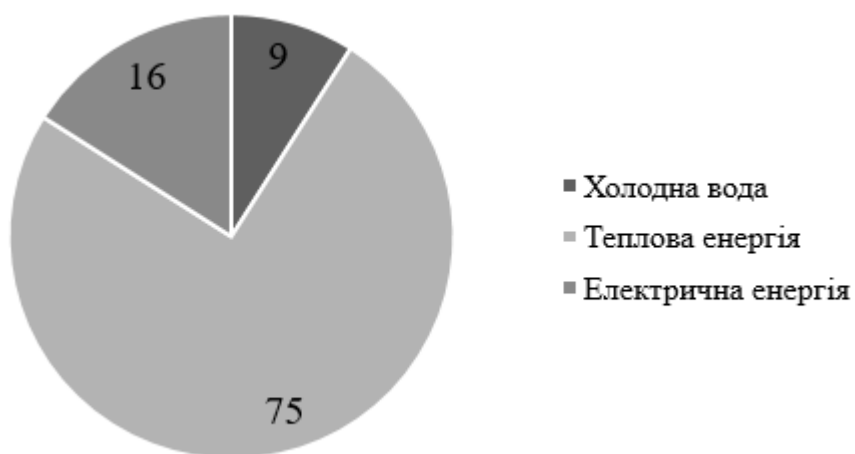


Рисунок. 1.6 – Структура оплати енергоносіїв за 2018р.

1.4 Профіль використання енергії

Теплова енергія, яка підводиться до школи на даний момент використовується на опалення приміщень та гаряче водопостачання.

Електроенергія, що споживається школою, використовується для аудиторій, коридорів, роботи електричних приладів, побутової техніки на кухні.

Холодне водопостачання забезпечує роботу санвузлів та кухні.

1.5 Попередні заходи з енергозбереження

В навчальному закладі встановлені на 50% металопластикові вікна, модернізація проводилась поступово за декілька років. Було проведено термографічну зйомку. За результатами можемо зробити висноки про якісний монтаж вікон, оскільки містки холоду мінімальні. Але при цьому потрібно замінити і іншу частину вікон.

Висновки до розділу

Була зібрана та оброблена інформація щодо структури витрат енергоносіїв, зроблені баланси витрат грошей на енергоресурси школою. Було знайдено частини огорожувальних конструкцій, через які відбуваються найбільші втрати.

Як показали попередні дослідження, школа має низький рівень енергоефективності, що підтверджується тим, що заходи з енергозбереження раніше майже не проводилися.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі

2.1.1 Аналіз поточного стану

Огороджуючі конструкції при обстеженні мали незадовільний стан. Стіни складаються з шару цегли, вапняно-піщаного розчину, штукатурки. Підлога складається з залізобетонних плит, гравію керамзитового, бетону, керамограніту. Вікна двох типів. Дах залізобетонний, вкритий руберойдом.

Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі:[1]

Зовнішні стіни.

Зовнішні стіни будівлі виконані з селікатної цегли товщиною 545 мм, ззовні вкриті шаром шпаклівки. Зовнішній фасад не має очевидних пошкоджень. Розрахункова площа будівлі складає 1602 м², опалювальний об'єм – 17622м³.

Склад стіни:

- силікатна цегла $\lambda=0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщина $\delta=0,545 \text{ м}$;
- вапняно-піщаний розчин $\lambda=0,058 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, товщина $\delta=0,025 \text{ м}$;
- шпаклівка $\lambda=0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, товщина $\delta=0,001 \text{ м}$.

Розрахуємо термічний опір стін та порівняємо з нормативним значенням в І температурній зоні:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в}, \quad (2.1)$$

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,545}{0,87} + \frac{0,025}{0,058} + \frac{0,001}{0,35} + \frac{1}{8,7} = 1,218 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін за [1]:

$$R_{q\text{min}} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\text{min}} > R_{\text{cm1}}.$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, тому в майбутньому потрібно виконати утеплення фасадів.

$$\text{Коефіцієнт теплопередачі стіни: } k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{\text{ст}}} = \frac{1}{1,218} = 0,821 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Вікна.

Певна частина вікон металопластикові (подвійний склопакет) , інші – дерев'яні. Вікна з подвійним склінням у дерев'яних спарених рамах в незадовільному стані, спостерігаються нещільності між рамою та склом. Дерев'яна конструкція деяких віконних рам знаходиться в аварійному стані і частково зруйнована. Це призводить до того, що деякі вікна не можуть бути щільно закритими, збільшуючи втрати тепла на нагрів інфільтраційного повітря. Загальна площа металопластикових вікон – 463,6 м² , дерев'яних – 244 м².

Дані вікна з термічним опором: $R_{\text{В}} = 0,38 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ для дерев'яних та

$R_{\text{В}} = 0,68 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ для металопластикових.

Коефіцієнт теплопередачі вікна:

$$k_{\text{В}} = \frac{1}{R_{\text{В}}} = \frac{1}{0,38} = 2,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$k_{\text{В}} = \frac{1}{R_{\text{В}}} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон за [1]:

$$R_{q\min} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{\text{В}}.$$

Значення термічного опору не відповідають тим, що зазначені в [1], тому в майбутньому необхідно замінити вікна на енергозберігаючі, які будуть відповідати нормативному значенню.

Двері.

Вхідні двері будівлі дерев'яні не утеплені та погано ущільнені, через них спостерігаються значні тепловтрати. Загальна площа дверей рівна $32,5 \text{ м}^2$.

Термічний опір дверей складає: $R_d = 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Коефіцієнт теплопередачі дверей: $k_d = \frac{1}{R_d} = \frac{1}{0,5} = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей за [6]:

$$R_{q\min} = 0,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_d.$$

Значення термічного опору не відповідають тим, що зазначені в [1], тому в майбутньому необхідно замінити двері на енергозберігаючі, які будуть відповідати нормативному значенню.

Дах.

Дах плоский, знаходиться безпосередньо над опалювальними приміщеннями. Перекриття виконано з залізобетонної панелі товщиною 250 мм та ззовні вкрито шаром утеплювача (100 мм) та подвійним шаром гідроізоляції – руберойдом (10 мм). Площа даху – 1658 м^2 .

- залізобетонні плити з $\lambda = 1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщиною $\delta = 0,25 \text{ м}$;
- керамзитовий утеплювач $\lambda = 0,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; товщиною $\delta = 0,1 \text{ м}$;
- розчин цементно-піщаний $\lambda = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; товщиною $\delta = 0,05 \text{ м}$;
- 2 шари руберойду з $\lambda = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщиною $\delta = 0,01 \text{ м}$;

Розрахуємо термічний опір даху та порівняємо з нормативним значенням в І температурній зоні за (2.1):

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,25}{1,2} + \frac{0,1}{0,11} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{2 \cdot 0,01}{0,17} + \frac{1}{8,7} = 1,479 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху за [1]:

$$R_{q\min} = 5,35 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{\text{дах}}.$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає тому, що зазначено в [1]. Тому в майбутньому потрібно виконати утеплення даху.

$$\text{Коефіцієнт теплопередачі даху: } k_{\text{дах}} = \frac{1}{R_{\text{дах}}} = \frac{1}{1,73} = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Підлога.

Перекрыття підлоги складається з залізобетонної плити товщиною 200 мм, шару цементно-піщаної стяжки – 60 мм, верхній шар – паркет, який має товщину 20 мм. Підлога знаходиться над неопалювальним підвалом.

Підлога складається з:

- залізобетонна плита з $\lambda = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta = 0,2 \text{ м}$;
- Гравій керамзитовий $\lambda = 0,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta = 0,1 \text{ м}$;
- Бетон на гравії $\lambda = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta = 0,04 \text{ м}$;
- Плитка керамограніт з $\lambda = 3,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta = 0,015 \text{ м}$.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку тепловтрат по зонам

Зона	I	II	III	IV - площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	$R_{\text{Н.П.}}^{\text{I}}$	$R_{\text{Н.П.}}^{\text{II}}$	$R_{\text{Н.П.}}^{\text{III}}$	$R_{\text{Н.П.}}^{\text{IV}}$
	2,1	4,3	8,6	14,2
Площа зони, м^2	500	436	186	980

Розрахуємо термічний опір підлоги та порівняємо з нормативним значенням в I температурній зоні за (2.1):

$$k = \frac{1}{R_c + \frac{d}{\lambda}},$$

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,015}{3,49} = 0,89 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{н.п1} = 2,1 + 0,89 = 2,99 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

де d - товщина утеплюючого шару, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності утеплюючого шару, Вт/(м²·°С);

R_c - по зонам шириною 2 м, паралельним зовнішнім стінам, приймаємо рівним 2,1 для 1-ї зони; 4,3 для 2-ї зони; 8,6 для 3-ї зони та 14,2 для площі, що залишилася (рис. 2.1).

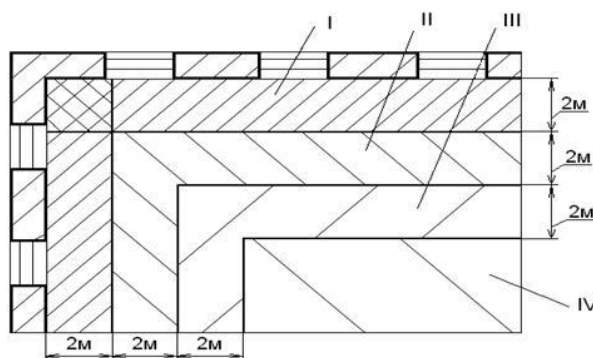


Рисунок 2.1 – Розподіл підлоги по зонам.

Для I зони, значення мінімального термічного опору для підлоги за [1]:

$$R_{q\min} = 3,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{п}.$$

Коефіцієнт термічного опору підлоги не відповідає значенню, яке зазначено в [1].

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$k_{п1} = \frac{1}{R_{п1}} = \frac{1}{2,99} = 0,334 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$k_{п2} = \frac{1}{R_{п2}} = \frac{1}{5,19} = 0,192 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$k_{п3} = \frac{1}{R_{п3}} = \frac{1}{9,49} = 0,105 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$k_{п4} = \frac{1}{R_{п4}} = \frac{1}{15,09} = 0,066 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Всі розрахунки заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Огородження	Шар	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\alpha_{\text{в}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$\alpha_{\text{з}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
Стіна	Силікатна цегла	0,545	0,87	8,7	23	0,821
	Розчин вапняно-піщаний	0,025	0,058			
	Шпаклівка	0,001	0,35			
Підлога	Залізобетонні плити	0,2	2,04			0,334
	Гравій керамзитовий	0,1	0,13			0,192
	Бетон на гравії	0,04	1,86			0,105
	Плитка керамограніт	0,015	3,49			0,066
Дах	Залізобетонні плити	0,25	1,2	8,7	23	0,676
	Керамзитовий утеплювач	0,1	0,11			
	Розчин цементно-піщаний	0,05	0,58			
	Рубероїд	0,02	0,17			
Вікна	Пластикові					1,47
	Дерев`яні					2,63
Двері	Дерев`яні					2

2.1.2 Розрахунок теплових витрат

Розрахунок максимальних теплових витрат.

Теплові витрати розраховуються за формулою [2]:

$$Q = F \cdot k(t_B - t_3) \cdot \eta \quad (2.2)$$

де F - площа огородження; k - коефіцієнт теплопередачі; η - коефіцієнт додаткових витрат, не більш 10%;

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря $t_B = 18^\circ\text{C}$, розрахунок температури зовнішнього повітря $t_3 = -22^\circ\text{C}$, $t_B - t_3 = 40^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників. Зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях -5%. На вітер – 5%, розташування на північ, схід -10%, на захід-5%.

Теплові витрати через не втеплену підлогу розраховується за умовними зонам – шириною 2м, паралельним зовнішнім стінам.

Усі розрахунки теплових витрат приведені у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок максимальних теплових витрат

Огородження	Орієнтація огородження	Площа огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$t_B - t_3$	n	Q, Вт
Стіна	Північ	584	0,821	40	1,1	21096,4
	Південь	635,4			1	20866,53
	Захід	240,5			1,05	8292,9
	Схід	240,5			1,1	8687,822
Вікно дерево	Північ	128,4	2,63	40	1,1	14858,44
	Південь	100,6			1	10583,12
	Захід	7,5			1,05	828,45
	Схід	7,5			1,1	867,9
Вікно металопластик.	Північ	167,6	1,47	40	1,1	10840,36
	Південь	144			1	8467,2
	Захід	76			1,05	4692,24
	Схід	76			1,1	4915,68
Дах		1658	0,676	40	1	44832,32
Двері		32,5	2	40	1,05	2730
Підлога		1794,96	1,72	10	1	16938,8

Тоді, сумарні втрати тепла через огорожувальні конструкції складають:

$$Q_{\Sigma} = 179225,16 \text{ Вт} = 0,179 \text{ МВт}.$$

Розрахуємо витрати теплоти на інфільтрацію повітря.

Додаткові втрати на інфільтрацію повітря виникають через відкривання зовнішніх дверей, а також нещільність зовнішніх вікон.

1. Додаткові витрати на відкривання зовнішніх дверей обчислюються за формулою:

$$Q_{\partial в}^{відкр} = Q_{\partial в} \cdot \beta_{відкр},$$

де: $Q_{\partial в}$ - тепловтрати через зовнішні двері, кВт;

$\beta_{відкр} = 3$ - коефіцієнт добавки на відкривання дверей, для одинарних дверей.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін, незалежно від орієнтації. Тоді втрати на інфільтрацію повітря через зовнішні двері складають:

$$Q_{\partial в}^{відкр} = 2,73 \cdot 3 = 8,19 \text{ кВт},$$

2. Додаткові втрати через нещільність вікон обчислюється як:

$$Q_{вік}^{інф} = 0,28 \cdot G \cdot F \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot 10^{-3},$$

де: F - площа віконного прорізу, м^2 ;

c – питома теплоємність повітря, $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

G – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, приймається $\text{бкг}/(\text{м}^2\text{год})$;

Тоді втрати теплоти на інфільтрацію через зовнішні вікна складає:

$$Q_{вік}^{інф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 707,6 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 47,78 \text{ кВт},$$

3. Втрати теплоти через нещільність зовнішніх дверей обчислюються аналогічно:

$$Q_{\partial в}^{інф} = G \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з}),$$

де: G – витрата інфільтрованого повітря вираховується за формулою:

$$G = b \cdot l \cdot \vartheta \cdot m,$$

де: b - ширина встановленої дверної нещільності (приймається $b = 0,005$ м);
 l – ширина нещільності дверного прорізу (приймається загальний периметр дверей $l = 14,05$),м;

ϑ - середня швидкість інфільтрованого повітря (приймається $0,5$ м/с);

m – маса 1 м^3 повітря (приймається $1,29$ кг).

$$G = 0,005 \cdot 14,05 \cdot 0,5 \cdot 1,29 = 0,0453 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$Q_{\text{д}}^{\text{інф}} = 0,045 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) = 1,809 \text{ кВт}.$$

Загальні додаткові витрати на інфільтрацію повітря складають:

$$Q_{\text{а}}^{\text{інф}} = Q_{\text{дв}}^{\text{відк}} \cdot Q_{\text{дв}}^{\text{інф}} \cdot Q_{\text{вік}}^{\text{інф}} = 8,19 + 47,78 + 1,809 = 57,779 \text{ кВт}.$$

Зведемо отримані дані в діаграму (рис. 2.2).

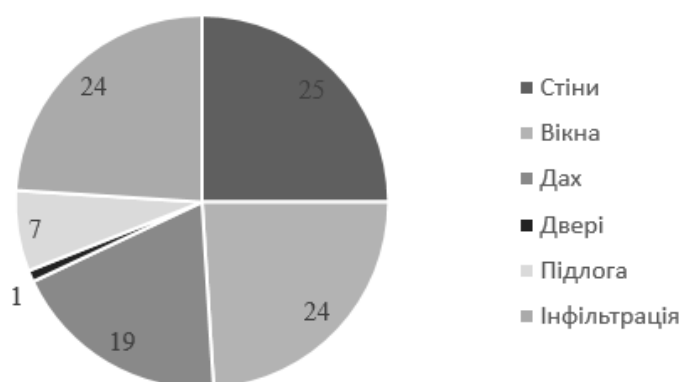


Рисунок 2.2 – Баланс максимальних тепловтрат

Розрахунок середніх теплових витрат

Розрахунок проводиться за формулою (3.2)[2]. Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря $t_{\text{в}} = 18$ °С, розрахунок температури зовнішнього повітря $t_{\text{з}} = -0,1$ °С, $t_{\text{в}} - t_{\text{з}} = 18,1$ °С,. Коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників. Зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях -5%. На вітер – 5%, розташування на північ, схід -10%, на захід-5%.

Теплові витрати через не утеплену підлогу розраховується за умовними зонами – шириною 2м, паралельним зовнішнім стінам.

Усі розрахунки теплових витрат приведені у таблиці 2.4

Тоді, сумарні втрати тепла через огорожуючи конструкції складають:

$$Q_{\Sigma} = 90496,48 \text{ Вт} = 0,09 \text{ МВт.}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок середніх теплових витрат

Огороджен	Орієнтація огорожен ня	Площа огороження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$t_{\text{в}} - t_{\text{з}}$	n	Q, Вт
Стіна	Північ	584	0,821	18,1	1,1	9546,12
	Південь	635,4			1	9442,1
	Захід	240,5			1,05	3752,53
	Схід	240,5			1,1	3931,23
Вікно дерево	Північ	128,4	2,63	18,1	1,1	6723,4
	Південь	100,6			1	4788,8
	Захід	7,5			1,05	374,87
	Схід	7,5			1,1	392,72
Вікно металопластик.	Північ	167,6	1,47	18,1	1,1	4905,26
	Південь	144			1	3831,4
	Захід	76			1,05	2123,23
	Схід	76			1,1	2224,34
Дах		1658	0,676	18,1	1	20286,6
Двері		32,5	2	18,1	1,05	1235,32
Підлога		1794,96	1,72	10	1	16938,8

Розрахуємо витрати теплоти на інфільтрацію повітря.

Додаткові втрати на інфільтрацію повітря виникають через відкривання зовнішніх дверей, а також нещільність зовнішніх вікон.

Додаткові витрати на відкривання зовнішніх дверей обчислюються за формулою:

$$Q_{\text{дв}}^{\text{відкр}} = Q_{\text{дв}} \cdot \beta_{\text{відкр}},$$

де: $Q_{\text{дв}}$ – тепловтрати через зовнішні двері, кВт;

$\beta_{\text{відкр}}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, для одинарних дверей

$$\beta_{\text{відкр}} = 3.$$

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін, незалежно від орієнтації. Тоді втрати на інфільтрацію повітря через зовнішні двері складають:

$$Q_{\text{дв}}^{\text{відкр}} = 2,73 \cdot 3 = 8,19 \text{ кВт},$$

Додаткові втрати через нещільність вікон обчислюється як:

$$Q_{\text{вік}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G \cdot F \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot 10^{-3},$$

де: F – площа віконного прорізу, м^2 ;

c – питома теплоємність повітря, $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

G – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, приймається $6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

Тоді втрати теплоти на інфільтрацію через зовнішні вікна складає:

$$Q_{\text{вік}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 707,6 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 10^{-3} = 21,62 \text{ кВт},$$

Втрати теплоти через нещільність зовнішніх дверей обчислюються аналогічно:

$$Q_{\text{дв}}^{\text{інф}} = G \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}),$$

де: G – витрата інфільтрованого повітря вираховується за формулою:

$$G = b \cdot l \cdot \vartheta \cdot m,$$

де: b – ширина встановленої дверної нещільності(приймається $b = 0,005$ м);
 l – ширина нещільності дверного прорізу(приймається загальний периметр
 двері $l = 14,05$),м;

ϑ – середня швидкість інфільтрованого повітря(приймається $0,5$ м/с);

m – маса 1 м^3 повітря(приймається $1,29$ кг).

$$G = 0,005 \cdot 14,05 \cdot 0,5 \cdot 1,29 = 0,0453 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$Q_{\partial}^{inf} = 0,045 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) = 0,818 \text{ кВт}.$$

Таким чином, загальні додаткові витрати на інфільтрацію повітря складають :

$$Q_{\Sigma}^{inf} = Q_{\partial в}^{відк} \cdot Q_{\partial в}^{inf} \cdot Q_{вік}^{inf} = 8,19 + 21,62 + 0,818 = 30,628 \text{ кВт}.$$

Зведемо втрати теплоти в діаграму.

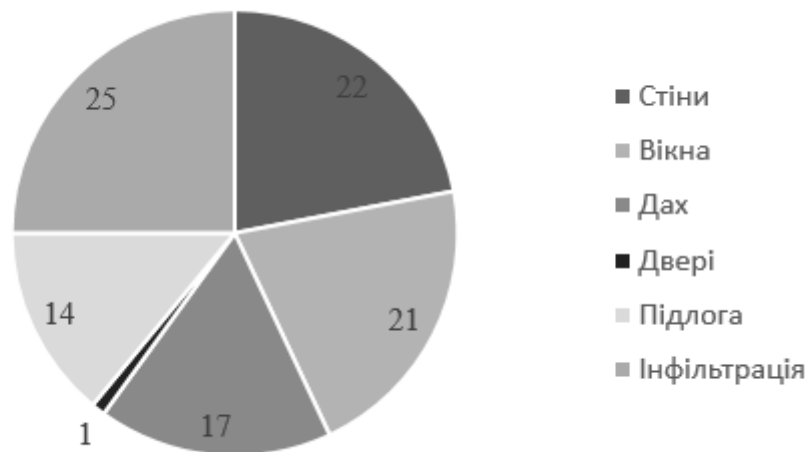


Рисунок 2.3 – Баланс середніх тепловтрат

2.1.3 Складання теплового балансу

Спочатку знайдемо теплонадходження до приміщення. Теплові надходження $Q_{\text{НАД}}$ в приміщення залежать від його призначення, місця розташування, кількості людей та сумарної потужності працюючого обладнання і визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{Л}} + Q_{\text{ЕЛ}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ТО}} + Q_{\text{СЛ}} + Q_{\text{П}}, \quad (2.4)$$

де: $Q_{\text{НАД}}$ – теплові надходження;

$Q_{\text{Л}}$ – теплонадходження від людей;

$Q_{\text{ЕЛ}}$ – теплонадходження від електроустаткування і приладів;

$Q_{\text{ОСВ}}$ – від освітлювальних приладів;

$Q_{\text{ТО}}$ – від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів;

$Q_{\text{СЛ}}$ – від сонячної радіації крізь скління;

$Q_{\text{П}}$ – від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі.

Теплонадходження від людей.

Це теплота, яка поступає в приміщення у вигляді явної $q_{\text{Я}}$ (суха тепловіддача тіла) і прихованої $q_{\text{П}}$ теплоти (випаровуванням з поверхні шкіри і вологою, що видихається разом з повітрям). Для встановлення розрахункового теплового навантаження системи опалення враховується тільки явна теплота, оскільки лише вона підвищує температуру приміщення.

Кількість явних тепловиділень, що припадає на одну людину, залежить від характеру виконуваної роботи і від метеорологічних параметрів навколишнього повітря.

Надходження теплоти від людей визначається за формулою[], Вт:

$$Q_{\text{Л}} = n \cdot q_{\text{Я}}, \quad (2.5)$$

де: $q_{\text{Я}}$ – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною – 99 Вт/люд.;

Так як в школі кількісно переважають діти, це потрібно врахувати – кількість теплоти і вологи яка виділяється дітьми є рівною 75% теплоти та

вологи, яку виділяють чоловіки. Жінки виділяють 85% теплоти та вологи від тієї теплоти що виділяють чоловіки. Загальна кількість дітей у школі – 530 осіб, жінок – 55, чоловіків – 15.

Визначимо загальні теплонадходження від людей за (2.5):

$$Q_{\text{л}} = 0,4 \cdot (530 \cdot 0,75 + 55 \cdot 0,85 + 15) \cdot 99 = 18186,3 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від електроустаткування і приладів.

Технологічне устаткування (механічне, електричне та ін.) - це джерело теплонадходжень в приміщення. Кількість теплоти, що виділяється від електродвигуна та механічного обладнання, визначають за формулою []:

$$Q_{\text{ел}} = N_{\text{в}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{о}} \cdot k_{\text{з}} \cdot (1 - \eta + k_{\text{т}} \cdot \eta), \quad (2.6)$$

де: $N_{\text{в}}$ – встановлена потужність, Вт;

$k_{\text{в}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_{\text{о}} = 0,5-1,0$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування;

$k_{\text{з}} = 0,5-0,8$ – коефіцієнт середнього завантаження обладнання;

$k_{\text{т}} = 0,1-1,0$ – коефіцієнт переведення механічної енергії в теплову, який враховує, що частина теплоти може бути віддана охолоджуючій емульсії, повітрю або воді та унесена ними з помешкання;

$\eta = 0,7$ – ККД механізму.

Добуток $N_{\text{в}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{о}} \cdot k_{\text{з}}$ у рівнянні відповідає фактичній витраті електроенергії, яка майже повністю перетворюється в теплоту. Величина $(1 - \eta)$ визначає частку теплоти, яка виділяється електродвигуном та електричним обладнанням, а $(k_{\text{т}} \cdot \eta)$ – частка теплоти, що виділяється механічним обладнанням, яке приводиться в дію електродвигуном.

Тому за приведеною формулою, враховуючи потужність обладнання яке встановленого у школі близьким 51,68 кВт, а також враховуючи всі зазначенні коефіцієнти отримаємо наступний вираз:

$$Q_{\text{ел}} = 51,68 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,7 + 0,5 \cdot 0,7) = 13168 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від освітлювальних приладів.

Теплонадходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою [], Вт:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}}, \quad (2.7)$$

де $N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт; $k_{\text{осв}}$ – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні; $k_{\text{в.осв}}$ – коефіцієнт використання світильників.

При підсумовуванні тепловиділень від електроосвітлення слід враховувати, що вони, як правило, не співпадають за часом з тепловиділеннями від сонячної радіації.

Оскільки освітлення у школі здійснюється за рахунок лише люмінісцентних ламп (17,48 кВт) тому надходження від освітлювальних приладів будуть мати наступний вигляд:

$$Q_{\text{осв}} = 17480 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 2097 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від сонячної радіації.

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорож (вікна, ліхтарі) $Q_{\text{сл}}$, а також крізь зовнішні стіни і пласкі покрівлі $Q_{\text{п}}$. Теплонадходження від сонячної радіації крізь стіни незначні і їх можна не враховувати. Найбільше теплоти надходить крізь вікна.

Теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_{\text{сл}} = \xi_{\text{в}} \cdot \varepsilon_{\text{в}} \cdot (F_{\text{пн}} I_{\text{пн}} + F_{\text{сх}} I_{\text{сх}} + F_{\text{пд}} I_{\text{пд}} + F_{\text{з}} I_{\text{з}}), \quad (2.8)$$

де: $\xi_{\text{в}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу;

$I_{\text{пн}}, I_{\text{сх}}, I_{\text{пд}}, I_{\text{з}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період кВт·год/м²;

$\varepsilon_{\text{в}}$ – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації;

$F_{Пн}$, $F_{Сх}$, $F_{Пд}$, F_3 – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м²

Загальна площа вікон у школі становить 707,6 м². Широта розташування міста Київ 52° пн. ш.. Відповідно надходження будуть рівні:

$$Q_{сл} = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (296 \cdot 21 + 83,5 \cdot 34,6 + 244,6 \cdot 61,6 + 83,5 \cdot 33,8) = 13159,94 \text{ кВт.}$$

Знаючи всі теплонадходження, зведемо їх в таблицю 2.5 та знайдемо повні теплонадходження у школу.

Таблиця 2.5 – Теплонадходження в будівлі

Теплонадходження	Потужність, Вт
Від людей	18186,3
Від електроустановок	13168
Від освітлення	2097
Від сонячної радіації	13159,94
Загалом:	46611,24

Відобразимо теплонадходження у вигляді балансу на діаграмі (рис. 2.4).

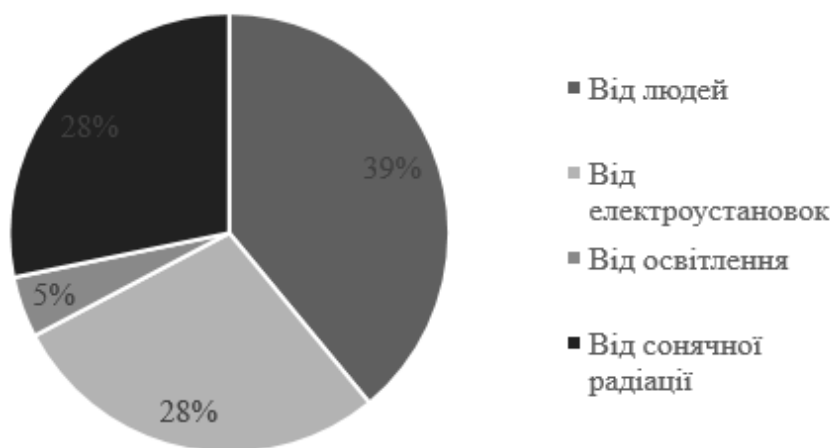


Рисунок 2.4 – Баланс теплонадходжень до СЗШ №74

2.1.4 Розрахунок енергопотреби для опалення

Теплотехнічний розрахунок

Розраховуємо опір теплопередачі для усіх огорожуючих конструкцій ліцею та зведемо результати до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок опору теплопередачі

Огородження	Шар	δ , м	λ , Вт/м ² ·К	$\alpha_{вн}$, Вт/м ² ·К	$\alpha_{з}$, Вт/м ² ·К	R, м ² ·К/Вт.
Зовнішні стіни	Силікатна цегла	0,545	0,87	8,7	23	0,821
	Розчин вапняно-піщаний	0,025	0,058			
	Шпаклівка	0,001	0,35			
Вікна				8,7	23	0,44
Горищне перекриття	Залізобетонні плити	0,25	1,2	8,7	12	0,676
	Керамзитовий утеплювач	0,01	0,11			
	Розчин цементно-піщаний	0,05	0,11			
	Рубероїд	0,02	0,17			
Двері				8,7	23	0,5

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі $k \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, тобто U -фактор, який в свою чергу розраховується за формулою :

$$k = \frac{1}{R}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

Розрахункові дані огорожувальних конструкцій ліцею запишемо в таблицю 2.7

Таблиця 2.7 – Розрахункові дані

№	Огороджувальні конструкції	Площа	Приведений опір теплопередачі	U-фактор, W/(m ² ·K)	Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією
		A _i , m ²	R, m ² ·K/W		H _D , W/K
1	Зовнішні стіни, в тому числі орієнтовані на:	1700,4	0,821	1,21	1696,765
	Пн	584			
	Пд	635,4			
	Зх	240,5			
	Сх	240,5			
2	Горищне покриття	1658	1,479	2,280	2187,113
3	Підвал	900,15	0,623	1,605	695,703
4	Вікна в тому числі орієнтованих на:	707,6	0,44	2,273	1703,773
	Пн	296			
	Пд	244,6			
	Зх	83,5			
	Зх	83,5			
5	Двері	32,5	0,5	2,000	73,480

Теплопередача трансмісією

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами []:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t,$$

де: $H_{tr,adj}$ — загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні;

$\theta_{int,set,H}$ — задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_{int,set,C}$ — задана температура зони будівлі для охолодження, °С;

θ_e — середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t — тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год.

Обрахунки ведуться для всіх місяців опалювального періоду. Результати зведемо до таблиці 2.8.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A,$$

де: H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку H_x , що відображає H_D, H_g, H_U або , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \left[\sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j \right],$$

де: A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma i}$;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, м²·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189;

ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

l_k – довжина k -го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j -го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт, що становить 1.

Таблиця 2.8 – Розрахунок трансмісійних тепловтрат

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$H_D, \text{Вт/К}$	$H_g, \text{Вт/К}$	$H_{tr}, \text{Вт/К}$	$Q_{tr\ H, \text{кВт}} \cdot \text{год}$
1	-4,7	744	6356,834	112,997	6469,831	118894,788
2	-3,6	672				102606,342
3	1	744				91457,530
4	9	720				51241,061
5	15,2	744				23105,060
6	18,3	720				7919,073
7	19,8	744				962,711
8	19	744				4813,554
9	13,9	720				28415,497
10	8,1	744				57281,295
11	1,9	720				84314,836
12	-2,5	744				108304,969
Σ						679316,716

Теплопередача вентиляцією

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної з-ої зони за формулами:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) t,$$

де: $H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, $^\circ\text{C}$;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$;

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \left(\sum k b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \right),$$

де: $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К);

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год;

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти;

k – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря k -го елемента повітряного потоку $q_{ve,k,mn}$, м³/год, розраховують за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} V,$$

де: $n_{inf,mn}$ – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, год⁻¹;

V – кондиціонований об'єм зони/будівлі, м³.

Результати зведемо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Теплопередача природною вентиляцією

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$H_{ve}, \text{Вт/К}$	$Q_{ve\text{H}}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	-4,7	744	2711,473	49828,204
2	-3,6	672		43001,799
3	1	744		38329,388
4	9	720		21474,869
5	15,2	744		9683,214
6	18,3	720		3318,843
7	19,8	744		403,467
8	19	744		2017,336
9	13,9	720		11908,791
10	8,1	744		24006,301
11	1,9	720		35335,921
12	-2,5	744		45390,064
Σ				284698,197

Загальні тепловтрати складаються з суми трансмісійних на вентеляційних витратах.

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}.$$

В таблицю 2.10 запишемо загальні тепловтрати по кожному місяці

Таблиця 2.10 – Загальні тепловтрати на опалення та охолодження

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{hн}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	-4,7	744	168722,992
2	-3,6	672	145608,141
3	1	744	129786,917
4	9	720	72715,930
5	15,2	744	32788,274
6	18,3	720	11237,916
7	19,8	744	1366,178
8	19	744	6830,890
9	13,9	720	40324,288
10	8,1	744	81287,596
11	1,9	720	119650,757
12	-2,5	744	153695,034
Σ			964014,914

Внутрішні теплонадходження

Внутрішні теплонадходження, теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, включаючи від'ємні теплонадходження (розсіяна теплота від внутрішнього середовища до холодних джерел або «стоки»), складаються з будь-якої теплоти, що створюється в кондиціонованому об'ємі внутрішніми джерелами, крім тої, що навмисно використовується для опалення, охолодження або ГВП.

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і

водопровідної води та каналізації;

— теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;

— теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{\text{int}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{int,mn},k} A_f \right) t,$$

де: $\Phi_{\text{int,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м²;

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

$$\Phi_{\text{int,mn},k} = \frac{50}{168} \cdot (7 + 7 + 6) = 5,95, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результати розрахунків по місяцях зведемо до таблиці 2.11

Таблиця 2.11 – Внутрішні теплонадходження

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{ год}$	$\Phi_{\text{int}}, \text{ Вт/м}^2$	$Q_{\text{int}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1	-4,7	744	5,950	19245,070
2	-3,6	672		17382,644
3	1	744		19245,070
4	9	720		18624,262
5	15,2	744		19245,070
6	18,3	720		18624,262
7	19,8	744		19245,070
8	19	744		19245,070
9	13,9	720		18624,262
10	8,1	744		19245,070
11	1,9	720		18624,262
12	-2,5	744		19245,070
Σ				226595,183

Сонячні теплонадходження

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та визначається орієнтацією сприймаючих поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймаючих поверхонь. Коефіцієнт, що включає характеристики та площу сприймаючих поверхонь (включно з впливом затінення), називається еквівалентною площею інсоляції.

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{\text{sol}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{sol,mn},k} \right) t,$$

де: $\Phi_{\text{sol,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах.

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі $\Phi_{\text{sol},k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k} - F_{\text{r},k} \Phi_{\text{r},k},$$

де $F_{\text{sh,ob},k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні;

$A_{\text{sol},k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м²;

$I_{\text{sol},k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², для міста Києва наведено у таблиці 2.12;

$F_{\text{r},k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_{\text{r}} = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_{\text{r}} = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі.

Таблиця 2.12 – Сонячна радіація

Місяць	t, год	Isol, Вт/м ² вертикальна				горизонтальна
		Пн	Пд	Зх	Сх	
1	744	14	38	40	14	32
2	672	25	57	60	25	59
3	744	41	78	81	41	101
4	720	53	92	88	52	149
5	744	79	110	107	77	211
6	720	88	110	106	86	228
7	744	83	109	106	81	220
8	744	65	107	106	63	185
9	720	41	91	91	41	130
10	744	22	62	61	21	71
11	720	12	30	32	12	31
12	744	9	27	28	9	22

Еквівалентну площу інсоляції заскленого елемента оболонки (наприклад, вікна) A_{sol} , м², розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p},$$

де: $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, визначений згідно з 11.4.1. У випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заскленого елемента $A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента (наприклад, площа вікна), m^2 .

Для вікон чи інших засклених елементів оболонки з нерозсіювальним склінням коефіцієнт пропускання сонячної енергії для випромінювання, перпендикулярного до скління g_n необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багатошарового скління.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії – це параметр, значення якого дещо нижче за g_n , то для його обчислення використовують поправочний коефіцієнт F_w , як наведено у формулі:

$$g_{gl} = F_w g_n = 0,75 \cdot 0,9 = 0,675,$$

де: F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають $F_w = 0,90$.

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , m^2 , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

де: $\alpha_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $m^2 \cdot K / Wt$, приймають $0,043 m^2 \cdot K / Wt$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $Wt / (m^2 \cdot K)$; для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів значення U_c необхідно помножити на коефіцієнт $0,04$;

A_c – площа проекції непрозорої частини, m^2 .

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},$$

де: R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, приймають $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c – площа проекції елемента, м^2 ;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, $^{\circ}\text{C}$, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11 \text{ К}$.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні h_r , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4\varepsilon\sigma(\theta_{ss} + 273)^3,$$

де: ε – коефіцієнт поглинання теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають за довідковими даними залежно від її типу;

σ – стала Стефана-Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери, $^{\circ}\text{C}$.

При першому наближенні, h_r приймають рівним $5\varepsilon \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що відповідає середній температурі 10°C .

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для світлопрозорих огорожень:

Таблиця 2.13 – Додатковий тепловий потік для світлопрозорих огорожень

Орієнтація	$A_w, \text{м}^2$	$A_{sol}, \text{м}^2$	$\Phi_r, \text{Вт}$
Пн	584	11,685	1483,99
Пд	635,4	12,708	1613,91
Зх	240,5	4,81	610,87
Сх	240,5	4,81	610,87

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для несвітлопрозорих огорожень:

Таблиця 2.14 – Додатковий тепловий потік для несвітлопрозорих огорожень

Орієнтація	$A_w, \text{м}^2$	$A_{sol}, \text{м}^2$	$\Phi_r, \text{Вт}$
Пн	296	139,12	996,09
Пд	244,6	114,96	823,11
Зх	83,5	39,245	280,99
Сх	83,5	39,245	280,99

Результати розрахунку теплового випромінювання зведемо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Теплове випромінювання

Місяць	t, год	$\Phi_{sol\text{вк}}, \text{Вт}$	$\Phi_{sol\text{ст}}, \text{Вт}$	$Q_{sol}, \text{кВт год}$	$Q_{gn\text{ Н}}, \text{кВт год}$
1	744	10436,239	-1202,414	6869,966	26115,036
2	672	13850,023	-716,595	8825,664	26208,308
3	744	20458,956	-124,794	15128,617	34373,687
4	720	24441,645	238,549	17769,740	36394,001
5	744	32135,820	938,950	24607,629	43852,699
6	720	33549,607	1077,107	24931,234	43555,495
7	744	32611,174	987,094	24997,112	44242,182
8	744	29407,001	678,842	22383,867	41628,937
9	720	22668,555	64,507	16367,805	34992,067
10	744	13887,611	-719,103	9797,370	29042,440
11	720	6529,590	-1362,222	3720,505	22344,767
12	744	5387,510	-1464,311	2918,860	22163,930

Динамічні параметри

Динамічний метод моделює теплові опори, теплоємності, теплонадходження від сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі.

У методиці згідно з цим стандартом, динамічні впливи враховують шляхом введення коефіцієнта використання надходжень для опалення та коефіцієнта використання втрат для охолодження. Вплив інерції у випадку переривчастого опалення чи його вимкнення враховується окремо.

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, γ_H , та числового параметра a_H , який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах:

$$\begin{array}{ll} \text{якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1: & \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}, \end{array}$$

$$\text{якщо } \gamma_H = 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1},$$

$$\begin{array}{ll} \text{якщо } : \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0 & \eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H, \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{якщо } : \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0 & \eta_{H,gn} = 1 \end{array}$$

$$\text{при:} \quad \gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}},$$

де: (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

γ_H – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год;

a_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі, τ_H , визначений за формулою:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{37,88}{15} = 3,525,$$

де: $a_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

Часова константа зони будівлі τ , год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. Її розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}} = \frac{347792,0}{6469,831 + 2711,473} = 37,88 \text{ год},$$

де: C_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год /К;

$H_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

Репрезентативні значення $H_{tr,adj}$ і $H_{ve,adj}$ – є значеннями, що є показовими для домінуючого сезону опалення: місячні величини для січня.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі, C_m , Вт·год/К, розраховуються за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f = 80 \cdot 900,15 \cdot 4 = 347792 \text{ Вт·год/К},$$

де: C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К);

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Данні розрахунки помісячно зведемо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Розрахунки динамічних параметрів для опалення

Місяць	γ_n	C_m	τ	α_n	η_n	$Q_{h,nd}$, кВт год
1	0,155	347792,0	37,880	3,525	1,000	142607,956
2	0,180				1,000	119399,833
3	0,265				1,000	95413,230
4	0,500				0,954	18989,259
5	1,337				0,655	0,000
6	3,876				0,256	0,000
7	32,384				1,000	0,000
8	6,094				0,164	0,000
9	0,868				0,831	0,000
10	0,357				0,983	26372,819
11	0,187				1,000	97305,990
12	0,144				1,000	131531,103

Таблиця 2.17 – Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць	$Q_{h,tr}$, кВт·год	$Q_{h,ve}$, кВт·год	$Q_{h,ht}$, кВт·год	$Q_{h,sol}$, кВт год	$Q_{h,int}$, кВт·год	$Q_{h,gn}$, кВт год	γ_n	η_n , gn	$Q_{h,nd}$, кВт·год	$Q_{h,nd}$, Гкал
Січень	118894,8	49828,2	168723,0	6870,0	19245,1	26115,0	0,2	1,0	142608,0	92,6
Лютий	102606,3	43001,8	145608,1	8825,7	17382,6	26208,3	0,2	1,0	119399,8	72,7
Березень	91457,5	38329,4	129786,9	15128,6	19245,1	34373,7	0,3	1,0	95413,2	62,1
Квітень	51241,1	21474,9	72715,9	17769,7	18624,3	36394,0	0,5	1,0	18989,3	16,3
Травень	23105,1	9683,2	32788,3	24607,6	19245,1	43852,7	1,3	0,7	0,0	0,0
Червень	7919,1	3318,8	11237,9	24931,2	18624,3	43555,5	3,9	0,3	0,0	0,0
Липень	962,7	403,5	1366,2	24997,1	19245,1	44242,2	32,4	1,0	0,0	0,0
Серпень	4813,6	2017,3	6830,9	22383,9	19245,1	41628,9	6,1	0,2	0,0	0,0
Вересень	28415,5	11908,8	40324,3	16367,8	18624,3	34992,1	0,9	0,8	0,0	0,0
Жовтень	57281,3	24006,3	81287,6	9797,4	19245,1	29042,4	0,4	1,0	26372,8	22,7
Листопад	84314,8	35335,9	119650,8	3720,5	18624,3	22344,8	0,2	1,0	97306,0	53,7
Грудень	108305,0	45390,1	153695,0	2918,9	19245,1	22163,9	0,1	1,0	131531,1	66,1
Всього за рік	679316,7	284698,2		178318,4	226595,2				631620,2	381,2

Отже, з розрахунків видно, що для підтримання комфортного мікроклімату всередині СЗШ № 74 протягом усього опалювального періоду необхідно затратити 381,2Гкал теплової енергії.

2.1.5 Пропозиції щодо модернізації системи

Утеплення зовнішніх стін

Середній коефіцієнт теплопередачі стін $k = 0,821 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ значно перевищує

розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі $k_H = 0,303 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [1].

Опис заходу.

Додаткова тепла ізоляція дозволить зменшити понаднормові втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі. Площа зовнішніх стін, які необхідно вкрити тепловою ізоляцією, складає 1700,4 м². В якості утеплювача пропонується використовувати мінеральну вату ($\lambda = 0,043 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$) товщиною 100 мм і знову обробити складним розчином ($\lambda = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$) товщиною 5 мм.

Інвестиції:

– Розробка/Планування	13 800,00 грн
– Управління Проектом	22 000,00 грн
– Обладнання та встановлення	1 190 280 грн
– Інспектування і випробування	10 000,00 грн
– Виконавча документація	14 000,00 грн
– Інші видатки	4 250,00 грн
– Загальні	1 254 330 грн

Загальний термін служби – 25 років.

Розрахуємо термічний опір для утепленої стіни за (2.1):

$$R_{\text{ут}} = \frac{1}{23} + \frac{0,005}{0,87} + \frac{0,1}{0,043} + \frac{0,545}{0,87} + \frac{0,025}{0,058} + \frac{0,001}{0,35} + \frac{1}{8,7} = 3,55.$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі: $k = \frac{1}{R_{\text{ут}}} = \frac{1}{3,55} = 0,281 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за (2.2):

$$Q_{\text{пн}} = 584 \cdot (18+0,1) \cdot 1,1 \cdot 0,281 = 3267,3 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{пд}} = 635,4 \cdot (18+0,1) \cdot 1 \cdot 0,281 = 3231,7 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{зх}} = 240,5 \cdot (18+0,1) \cdot 1,05 \cdot 0,281 = 1284,36 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{сх}} = 240,5 \cdot (18+0,1) \cdot 1,05 \cdot 0,281 = 1345,52 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати через стіни після утеплення: $\sum Q^* = 9180,36 \text{ Вт}.$

Сумарні тепловтрати через стіни до утеплення: $\sum Q = 26671,98 \text{ Вт}.$

Знайдемо економію теплової енергії:

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(Q - Q^*) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163}, \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(26671,98 - 9180,36) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 63,53 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = Q_{\text{ек}} \cdot C_{\text{Гкал}} \cdot 10^{-3} = 63,53 \cdot 1325 = 84177,25 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Термін окупності заходу:

$$T = \frac{B}{E} = \frac{1254330}{84177,25} = 14,9 \text{ років}.$$

Отже, як видно, термін окупності 14,9 років. При тому, що строк служби 25 років, можна зробити висновок, що утеплення є доцільним.

Заміна дерев'яних вікон на металопластикові

Існуюча ситуація.

Вікна з двокамерним склінням заповненим повітрям зі звичайного скла, в принципі вони знаходяться в задовільному стані, проте все одно тепловтрати доволі великі і значення термічного опору не відповідають нормативному значенню. Середній коефіцієнт теплопередачі вікон $k = 2,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі $k_H = 1,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Опис заходу:

Для зменшення тепловтрат пропонується замінити склопакет на металопластикові з подвійним склопакетом наповнювач аргон, та з енергозберігаючим склом з та коефіцієнтом теплопередачі на рівні

$k = 1,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Це дасть змогу значно знизити теплові втрати та

покращити умови в середині приміщень за рахунок зменшення протягів.

Загальна площа дерев'яних вікон – 244 м².

Ущільнена конструкція металопластикових вікон значно знизить інфільтрацію свіжого повітря в будівлю, тому цей захід обов'язково необхідно робити в комплексі з облаштуванням системи припливної вентиляції.

Інвестиції:

– Розробка/Планування	1000,00 грн
– Обладнання	232 000 грн
– Встановлення	30 000 грн
– Інспектування і випробування	1 500,00 грн
– Виконавча документація	1 000,00 грн
– Інші видатки	1 000,00 грн
– Загальні	266 500 грн

Загальний строк служби – 25 років.

Розрахуємо новий коефіцієнт теплопередачі:

$$R_{в.ут} = 0,916 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \rightarrow K_{ут} = \frac{1}{0,916} = 1,09 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за (2.2).

$$Q_{пн} = 128,4 \cdot (18+0,1) \cdot 1,1 \cdot 1,09 = 2786,52 \text{ Вт},$$

$$Q_{пд} = 100,6 \cdot (18+0,1) \cdot 1 \cdot 1,09 = 1984,7 \text{ Вт},$$

$$Q_{зх} = 7,5 \cdot (18+0,1) \cdot 1,05 \cdot 1,09 = 155,36 \text{ Вт},$$

$$Q_{сх} = 7,5 \cdot (18+0,1) \cdot 1,05 \cdot 1,09 = 162,76 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати через вікна до заміни: $\sum Q_{в} = 12279,79 \text{ Вт}.$

Сумарні тепловтрати через вікна після заміни: $\sum Q_{в}^* = 5089,34 \text{ Вт}.$

Знайдемо економію теплової енергії:

$$Q_{ек} = \frac{(Q_{в+д} - Q_{в+д}^*) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = \frac{(12279,79 - 5089,34) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 26,11 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = Q_{ек} \cdot C_{Гкал} \cdot 10^{-3} = 26,11 \cdot 1325 = 34595,75 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Термін окупності заходу:

$$T = \frac{B}{E} = \frac{266500}{34595,75} = 7,7 \text{ роки}.$$

Утеплення даху

Існуюча ситуація.

Середній коефіцієнт теплопередачі даху $k = 0,676 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ значно перевищує

розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі $k_{н} = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$

Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [1].

Опис заходу:

Теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через перекриття останнього поверху (плоский дах). Пропоную використовувати в якості утеплювача мінераловатні плити. Площа даху, яку необхідно вкрити тепловою ізоляцією складає 1658 м².

Інвестиції:

– Розробка/Планування	10 000,00 грн
– Управління Проектом	20 000,00 грн
– Обладнання	970 000,00 грн
– Встановлення	140 000,00 грн
– Інспектування і випробування	18 000,00 грн
– Виконавча документація	14 000,00 грн
– Інші видатки	18 000,00 грн
– Загальні	1 190 000 грн

Загальний термін служби – 25 років.

Інвестиції приведені вище – це інвестиції потрібні на покриття даху шаром ізоляції товщиною 200 мм. Для покриття шаром 100 мм загальна сума капіталовкладень складатиме 620 000 грн.

Економія:

Значення термічного опору з 100 мм ізоляції за (2.1):

$$R_{d1} = \frac{1}{23} + \frac{0,25}{1,2} + \frac{0,1}{0,11} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,05} = 3,479 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

$$\text{Тоді коефіцієнт теплопередачі: } k_{d1} = \frac{1}{R_{d1}} = \frac{1}{3,479} = 0,287 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Значення термічного опору з 200 мм ізоляції за (2.1):

$$R_{d2} = \frac{1}{23} + \frac{0,25}{1,2} + \frac{0,1}{0,11} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,1}{0,05} = 5,479 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

$$\text{Тоді коефіцієнт теплопередачі: } k_{d2} = \frac{1}{R_{d2}} = \frac{1}{5,479} = 0,182 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Розрахуємо тепловтрати з новими коефіцієнтами теплопередачі за (2.2):

$$Q_{д1} = 1658 \cdot (18 + 0,1) \cdot 1 \cdot 0,287 = 8612,8 \text{ Вт},$$

$$Q_{д2} = 1658 \cdot (18 + 0,1) \cdot 1 \cdot 0,182 = 5461,78 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати через дах до утеплення: $\sum Q = 20286,6 \text{ Вт}$.

Знайдемо економію теплової енергії для обох випадків за (2.8):

$$Q_{ек1} = \frac{(20286,6 - 8612,8) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 42,4 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}},$$

$$Q_{ек2} = \frac{(20286,6 - 5461,78) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 53,84 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті для обох випадків:

$$E_1 = Q_{ек1} \cdot C_{Гкал} \cdot 10^{-3} = 42,4 \cdot 1325 = 56180 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

$$E_2 = Q_{ек2} \cdot C_{Гкал} \cdot 10^{-3} = 53,84 \cdot 1325 = 71338 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Термін окупності:

$$T = \frac{B}{E_1} = \frac{620000}{56180} = 11 \text{ років},$$

$$T = \frac{B}{E_2} = \frac{1190000}{71338} = 16,8 \text{ років}.$$

Пропоную виконати другий варіант. Ми отримаємо відповідний до нормованого коефіцієнт теплопередачі та задовільний срок окупності як для даху.

Регулювання опалювальної системи у неробочі часи.

Існуюча ситуація.

Так як школа працює у графіку з 8.00 до 19.00, то немає сенсу підтримувати температуру 18°C постійно. Пропоную у неробочі часи та вихідні дні знижувати температуру до 14°C. Це дозволить швидко повертатись на нормований режим (18°C) та отримати значну економію.

Річна кількість теплоти на опалення:

$$Q_o^{pik} = Q_o^{\max} \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \cdot n_o \cdot 24, \left[\frac{\text{Гкал}}{\text{рік}} \right],$$

де: Q_o^{\max} - максимальна годинна витрата теплоти на опалення, різниця максимальних втрат через огорожувальні конструкції і тепло надходжень у будівлю, Гкал/рік;

$$Q_o^{\max} = 0,09 \text{ Гкал/рік};$$

$t_{вн}$ - внутрішня температура, 18°C;

$t_{ср.о}$ - середня температура за опалювальний період, -0,1°C;

$t_{р.о}$ - мінімальна температура за опалювальний період, -22°C;

n_o - тривалість опалювального періоду, для м. Київ – 176 діб.

$$Q_o^{pik} = 0,09 \cdot \frac{18 - (-0,1)}{18 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 = 172,02 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Річна кількість теплоти на опалення при регулюванні:

$$Q_o^{pik} = Q_o^{\max} \cdot \left(\frac{(n_o - a) \cdot m_p (t_{вн} - t_{ср.о})}{t_{вн} - t_{р.о}} + \frac{(24 \cdot n_o - m_p (n_o - a)) (t_{нероб} - t_{ср.о})}{t_{вн} - t_{р.о}} \right) \cdot \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}},$$

де: m_p - кількість годин роботи школи на добу, 11 годин;

a - сума недільних і святкових днів за опалювальний період, 30 днів;

$t_{нероб}$ - температура повітря в приміщенні у неробочий час, 14°C;

$$Q_o^{pik} = 0,09 \cdot \left(\frac{(176 - 30) \cdot 11 (18 - (-0,1))}{18 - (-22)} + \frac{(24 \cdot 176 - 11 (176 - (-0,1))) (14 - (-0,1))}{18 - (-22)} \right) = 134 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Економія:

$$Q_{ек} = Q_o^{pik} - Q_o^{pik.рег} = 172,02 - 134 = 38,02 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}},$$

$$E_1 = Q_{ек} \cdot C_{Гкал} = 38,02 \cdot 1325 = 50376,5 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Отже, запровадження регулювання потужності системи опалення дозволило нам економити $50376,5 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Встановлення теплового насосу у спортзал

Існуюча ситуація.

Система опалення у спортзалі спроектована невірно, через це ми маємо ситуацію, коли при середній температурі у школі 18°C , температура в спортзалі не підіймається вище 14°C . Так як нормована температура для спортзала 16°C , було прийнято рішення про встановлення теплового насосу, який буде працювати паралельно з основною системою опалення та підтримувати температуру у спортзалі на рівні 16°C .

Розрахуємо теплове навантаження для спортзалу:

$$Q = Q_{\text{сум}} + Q_{\text{в}}, \text{Вт},$$

де: $Q_{\text{сум}}$ - тепловтрати через огорожувальні конструкції для спортзалу при $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ і $t_{\text{вн}} = 16^{\circ}\text{C}$, 26180,2 Вт;

$Q_{\text{в}}$ - втрати на вентиляцію спортзала при $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ і $t_{\text{вн}} = 16^{\circ}\text{C}$, 67615,68 Вт.

$$Q = 26180,2 + 67615,68 = 93795,88 \text{ Вт}.$$

Необхідна потужність теплового насосу:

$$P = Q - Q_1,$$

де: Q_1 - теплове навантаження, що забезпечуватиме централізоване теплопостачання.

$$Q_1 = Q_{\text{сум1}} + Q_{\text{в1}},$$

де: $Q_{\text{сум1}}$ - тепловтрати через огорожувальні конструкції при $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ і $t_{\text{вн}} = 14^{\circ}\text{C}$, 25256,95 Вт;

$Q_{\text{в1}}$ - втрати на вентиляцію спортзалу при $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ і $t_{\text{вн}} = 14^{\circ}\text{C}$, 64056,96 Вт;

$$Q_1 = 25246,95 + 64056,96 = 89303,91 \text{ Вт}.$$

$$P = 93795,88 - 89303,91 = 4491,97 \text{ Вт.}$$

На основі розрахованої потужності обираємо тепловий насос COOPER HUNTER CH-S18FTxLA. Вартість теплового насосу 99120 грн., тепла потужність $Q = 5,2 \text{ кВт.}$

Розрахуємо електроспоживання за опалювальний період:

1) За рахунок теплопостачання централізованої системи теплопостачання:

$$Q_o^{pik} = \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \cdot Q \cdot 24 \cdot 176, [\text{кВт} \cdot \text{год}],$$

$$Q_o^{pik} = \frac{16 - (-0,1)}{16 - (-22)} \cdot 93,795 \cdot 24 \cdot 176 = 167861 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 144,33 \text{ Гкал.}$$

2) За умови використання теплового насосу:

1) Для теплового насосу:

$$Q_{o.тн}^{pik} = Q \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \cdot 24 \cdot 176 - Q_1 \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \cdot 24 \cdot 176, [\text{кВт} \cdot \text{год}],$$

$$Q_{o.тн}^{pik} = 93,795 \cdot \frac{16 - (-0,1)}{16 - (-22)} \cdot 24 \cdot 176 - 89,3 \cdot \frac{14 - (-0,1)}{14 - (-22)} \cdot 24 \cdot 176 = 20116,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 17,29 \text{ Гкал.}$$

Для централізованого теплопостачання:

$$Q_1^{pik} = Q_1 \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \cdot 24 \cdot 176 [\text{кВт} \cdot \text{год}],$$

$$Q_1^{pik} = 89,303 \cdot \frac{14 - (-0,1)}{14 - (-22)} \cdot 24 \cdot 176 = 147744,38 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 127 \text{ Гкал.}$$

Вартісна оцінка:

Централізоване теплопостачання:

$$B_1 = Q_o^{pik} \cdot C_1 [\text{грн}],$$

де: C_1 - тариф за 1 Гкал при централізованому теплопостачанні.

$$B_1 = 144,33 \cdot 1325 = 191237,25 \text{ грн.}$$

Для системи з тепловим насосом:

$$B_2 = \frac{Q_{o.тн}^{рік}}{K_{вук}} \cdot C_2 + Q_1^{рік} \cdot C_1 \text{ [грн]},$$

де: $K_{вук}$ - коефіцієнт використання теплового насосу, 3;

C_2 - вартість електроенергії для школи, $1,9 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$.

$$B_2 = \frac{20116,6}{3} \cdot 1,9 + 127 \cdot 1325 = 181015 \text{ грн.}$$

Економія:

$$E = B_1 - B_2 = 191237,25 - 181015 = 10222,25 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Термін окупності:

$$T = \frac{K}{E} \text{ [років]},$$

де: K - вартість теплового насосу, грн.;

$$T = \frac{99120}{10222,25} = 10 \text{ років.}$$

Отже, встановивши тепловий насос, ми виправили помилки при проектуванні системи опалення у спортзалі. Також ми отримали можливість регулювання температури у спортзалі, що дає нам можливість як підвищити температуру завдяки невеликому запасу потужності, так і включити охолодження, коли це буде потрібно. Цим ми набагато покращили комфортні умови в спортзалі і отримали задовільний термін окупності заходу.

2.2 Дослідження системи опалення

В середній загальноосвітній школі № 74 система теплопостачання 1-трубна, з верхньою розводкою, незалежна схема підключення системи опалення. Встановлений один теплообмінник на гаряче водопостачання. Холодне водопостачання здійснюється від міського водоканалу.

Існуюча теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення знаходиться в задовільному стані, але є місця де її потрібно замінити.



Рисунок 2.6 – Теплопункт СЗШ №74

2.3 Дослідження системи вентиляції

На об'єкті система вентиляції спроектована для роботи у природному режимі, тобто за рахунок гідростатичної різниці тисків. Повітря забирається з приміщень за допомогою внутрішніх забірних дифузорів. Дифузори, в свою чергу, врізані у вентиляційні шахти. У приміщенні столової можливо знаходиться витяжний зонд з вентилятором для примусового викиду забрудненого повітря. Роботи над системою вентиляції описані у спец. частині магістерської дисертації.

2.4 Дослідження системи електропостачання

2.4.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

Схема живлення об'єкта та її аналіз

З початку року енергопослуги клієнтам в Україні надають дві різні компанії. Оператор системи розподілу – ДТЕК Київські електромережі й компанія-постачальник – Київські енергетичні послуги. Раніше функції з розподілу та постачання електроенергії були зосереджені в одній компанії – ДТЕК Київські електромережі (раніше – ПАТ Київенерго). Оператор системи розподілу – ДТЕК Київські електромережі й компанія-постачальник – Київські енергетичні послуги.

Покази лічильників приймає постачальнику електроенергії та оператор системи розподілу. Різниця в тому, що постачальник може відразу розрахувати вартість і сформувати рахунок, а ВСП тільки приймає свідчення. На практиці це означає, що, передаючи свідчення ДТЕК Київським електромереж, можна їх побачити в рахунку постачальника універсальних послуг, а передаючи свідчення постачальнику ви зможете відразу побачити рахунок і оплатити його.

Основні функції оператора системи розподілу []:

- відповідає за якість і надійність електропостачання
- управляє системою розподілу
- експлуатує і ремонтує лінії електропередач, підстанції та інші енергооб'єкти
- здійснює підключення / відключення до системи розподілу (лініях)
- встановлює лічильники електроенергії і фіксує їх показання.

До нього ж слід звертатися з питань якості електропостачання, нового підключення або заміни лічильника. Компанія також буде відповідати за експлуатацію і ремонти ліній передач, підключення і відключення споживачів, а також може встановлювати прилади обліку електроенергії.

Основні функції компанії постачальника:

- поставляє електроенергію споживачам,
- обслуговує клієнтів з питань нарахувань та розрахунків вартості та умов оплати, коректності розрахунків за електроенергію
- фіксує показання лічильників
- надає клієнтам додаткові послуги, наприклад, по енергоефективності.

Крім того, в кожному регіоні Держава робить вибір одного постачальника електроенергії населенню та малому бізнесу, називається він Постачальник універсальної послуги. У Києві такий енергопостачальник - Київські енергетичні послуги.

Київські енергетичні послуги протягом 2-х років з дня отримання ліцензії виконує функції постачальника універсальних послуг на закріпленій території відповідно до Закону України «Про ринок електричної енергії» (пункту 13 розділу XVII "Прикінцеві та перехідні положення").

Аналіз динаміки тарифів на електроенергію

Школа платить за електроенергію згідно одноставочному тарифу згідно показів лічильників електричної енергії. Тарифи на електроенергію досить часто змінюються, тому представимо в таблиці 2.18 динаміку зміни тарифів за останні три роки, тобто з 2016 по 2018 роки.

Як ми бачимо, після початку росту у 2015 році тарифи на електроенергію значно зросли. В 2017 тарифи були найбільшими, але згодом до 2018 вони зменшилися.

Для наглядності зміна тарифів показана на рис 2.7.

Таблиця 2.18 – Динаміка зміни тарифів на електроенергію, з ПДВ [].

Місяць	Тариф, грн/кВт·год		
	2016	2017	2018
Січень	2,29	2,45	2,07
Лютий	2,29	2,38	2,07
Березень	2,29	2,38	2,07
Квітень	2,29	2,33	2,26
Травень	2,42	2,33	2,26
Червень	2,42	2,36	2,26
Липень	2,63	2,33	2,07
Серпень	2,59	2,34	2,07
Вересень	2,59	2,36	2,07
Жовтень	2,83	2,36	2,26
Листопад	2,83	2,35	2,26
Грудень	2,83	2,38	2,26

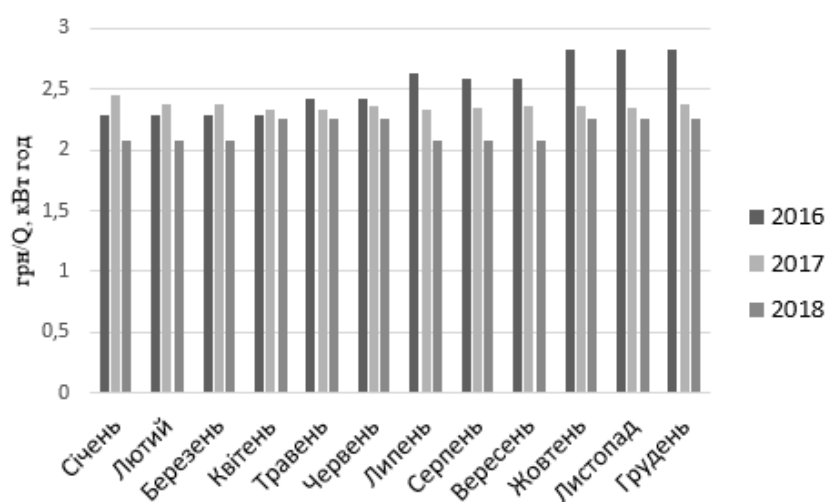


Рисунок 2.7 – Зміна тарифів на електроенергію

2.4.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

Опис системи електропостачання.

Виходячи з наведеної схеми електропостачання даного об'єкту, вона поділена на дві секції, які живить трансформаторна підстанція (ТП) від ГРЩ.

ГРЩ (головний розподільний щит) — це високотехнологічний електромеханічний прилад, який служить для введення, обліку та перерозподілу електроенергії, використовується для постачання будівлі або її частини електроенергією. ГРЩ застосовуються як в житлових будинках, так і громадського та адміністративного призначення.

ГРЩ використовується для прийому, розподілу та обліку електроенергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220\380 В. Також ВРП служить для захисту ліній від перенавантажень та коротких замикань, та для нечастих оперативних перемикачів. ГРЩ данного об'єкту розподіляє електроенергію по приміщеннях секцій зі встановленими струмом і потужністю для кожної шафи керування електроенергією приміщення.

ГРЩ поділяється на дві секції. Перша секція включає в себе: освітлення і розетки усіх поверхів однієї частини школи, аварійне освітлення, освітлення харчоблоку та резерв.

Друга секція відповідає за другу частину школи, освітлення підвалу та резерв.

У випадку аварійної ситуації, живлення секції, на якій сталася аварія, підключається до другої секції. Це здійснюється за допомогою АВР.

Пристрої АВР (автоматичного введення резерву) служать для забезпечення надійності функціонування мережі електропостачання шляхом забезпечення резервним електропостачанням споживачів з можливістю підключення двох і більше живильних вводів. Функції АВР виконує реле контролю фаз або контролер фірми ЕТІ.

Трансформаторна підстанція, щитові та проводка об'єкту знаходяться в задовільному стані.

Електропостачання школи здійснюється від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ - ТП-4352, як знаходиться на балансі ПрАТ «ДЕТЕК Київські електромережі».

Трансформаторна підстанція містить два масляних трансформатори типу ТМ-400/10/0,4 У1— це трифазний трансформатор типу ТМ, клас напруги 10 кВ,

потужністю 400 кВА. Він являється двухобмотковим трьохфазним понижуючим силовим масляним трансформатором промислового призначення для перетворення електричної енергії в мережах енергосистеми. Напруга ТМ-400/10/0,4 У1 регулюється без збудження. Для цього ТМ оснащена високовольними перемикачами, які приєднуються до обмоток високої напруги і дозволяють регулювати напругу ступенями при включеному від мережі трансформаторів з боку НН і ВН з діапазоном $\pm 2 \times 2,5\%$ [10].

Школа, згідно ПУЕ, це електроприймач другої категорії надійності електропостачання.[]

Електроприймачі II категорії – це електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів та промислового транспорту, порушень нормальної діяльності значної кількості людей. (Лікарні, котельні, учбові заклади, дитячі садки, обладнані діючими ліфтами житлові будинки, тощо).

Аналіз споживання об'єкту

Проведемо аналіз споживання активної електроенергії даним об'єктом. Дані будуть представлені в таблиці 2.19. Дані надало Київенерго та аналізуватися буде тільки інформація за останні три роки, тобто з 2016 по 2018 роки.

Побудуємо графік з якого можна буде порівняти споживання активної електроенергії за останні три роки роботи об'єкту.

Таблиця 2.19 – Річне споживання активної електричної енергії

№	Місяць	2016		2017		2018	
		кВт·год	Грн.	кВт·год	Грн.	кВт·год	Грн.
1	Січень	7118	11284	7163	13661	5610	11275
2	Лютий	8971	14221	6503	12403	8770	17966
3	Березень	5905	9829	6797	12963	6801	13488
4	Квітень	5051	8492	6379	12166	6027	11588
5	Травень	5154	8565	5905	11938	7529	14619
6	Червень	2388	4099	3356	6785	2950	5721
7	Липень	1368	2465	1120	2449	1335	2624
8	Серпень	1088	1961	1277	2754,9	1595	3109
9	Вересень	3639	6558	2673	5766	8289	16237
10	Жовтень	5480	10000	8367	19778	9133	18021
11	Листопад	7962	14530	7845	18554	6815	13374
12	Грудень	7879	14378	8427	19920	9583	18988
Σ	Всього	62003	106382	65812	139137,9	74437	147010

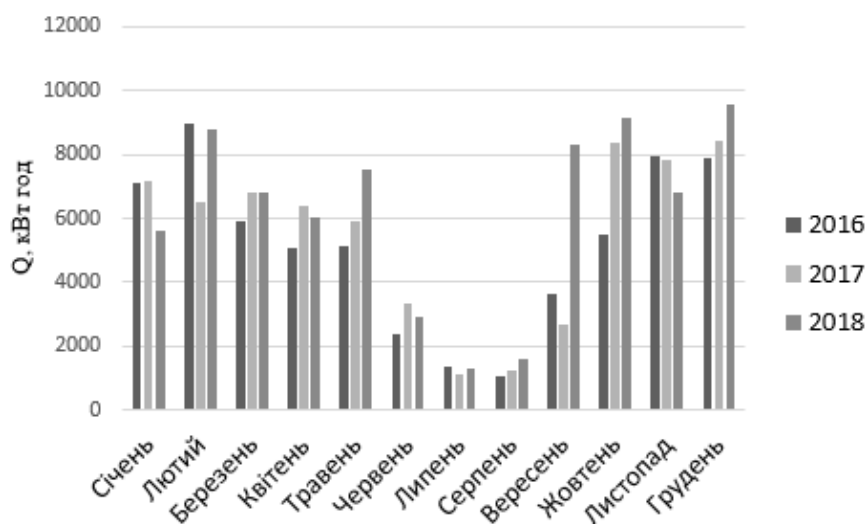


Рисунок 2.8 – Графік споживання активної електроенергії за 2016-2018 роки

З графіка можна побачити, що споживання електроенергії протягом року нерівномірне. Це пояснюється тим, що тривалість дня взимку та восени набагато менша та дні похмуріші, ніж в літній період і тому більше часу використовується штучне світло. А найменше споживання влітку, тому що в цей час в школі канікули і багато електрообладнання не використовується.

Облік споживання електроенергії

Загальна витрата електроенергії визначається в місці комерційного обліку – електрощитовій. Електрощитова в дитячому садку знаходиться в окремому приміщенні, в підвалі, яке зачиняється на ключ. Вона складається з 2 лічильників. В свою чергу один з лічильників веде облік силових споживачів електроенергії на кухні, а інший по решті будівлі.

Тип: СА4У – И672М № 004779; коеф. перерахунку 100/5;

Тип: СА4У – И672М № 221403; коеф. перерахунку 100/5.

Аналіз наданих даних показує, що:

- комерційний облік реалізований із застосуванням застарілого лічильника з класом точності 2,0;
- лічильник комерційного обліку повірений, терміни повірки відповідають встановленому міжповірочному інтервалу;
- облік здійснюється лише по активній енергії, облік реактивної енергії не здійснюється;
- покази лічильника щомісяця фіксуються в журналі з обліку електричної енергії (ЕЕ) фахівцями і надаються у відділ управління освіти району.

Покази лічильника, знімаються кожної зміни заступником директора з адміністративно-господарчої частини і записуються до журналу контролю обліку та 30-го числа кожного місяця.

Характеристика основних споживачів електроенергії об'єкту

Основними споживачами електричної енергії даного об'єкту являється система освітлення, електричне обладнання з харчоблоку та комп'ютерні класи. Більш детальну інформацію щодо електричного обладнання буде представлено у наступних таблицях.

- Система освітлення.

Таблиця 2.20 – Споживання електроенергії системою освітлення

Освітлювальні прилади	Потужність ламп, Вт	К-сть ламп на світильнику, шт	Потужність світильника, Вт	К-сть світильників, шт	Загальна к-сть потужності, кВт	Тип управління	Період роботи, год в тиждень	Період роботи, год в місяць	Загальне споживання, кВт·год
Лампи денного освітлення	18	2	36	352	12,67	Ручне	12	48	608,16
Зовнішнє освітлення	400	1	400	12	4,8	Ручне	15	60	288
									896,16

- Електрообладнання харчоблоку та комп'ютерного класу:

Таблиця 2.21 – Споживання електроенергії харчоблоком та комп'ютерним класом

Електричне обладнання	К-сть, шт	Потужність одиниці, кВт	Загальна потужність, кВт	Період роботи, год/тиждень	Період роботи, год/місяць	Загальне споживання, кВт·год
Комп'ютерне обладнання	17	0,7	11,9	20	80	952
Чайник	10	2	20	0,5	2	40
Духовий шкаф	1	5	5	20	80	400

Продовження таблиці 2.21

Електроплита	2	12	24	15	60	1440
Холодильна камера	1	0,8	0,8	168	672	537,6
Холодильник	6	0,4	2,4	168	672	1612,8
Витяжка	4	0,6	2,4	20	80	192
Електром'ясорубка	1	1,1	1,1	1	4	4,4
НВЧ піч	6	0,7	4,2	1	4	16,8
Посудомийна машина	1	2	2	15	60	120
Тістомішалка	1	5	5	1	4	20
Сумарно						5335,6

Як бачимо, більше всього споживає комп'ютерне обладнання та прилади харчоблоку. Це, в першу чергу, пов'язано з тим, що це обладнання всередньому працює набагато більше усього іншого. Також, якщо порівняти споживання усіма електроприладами та системою освітлення, можна побачити, що освітлення споживає тільки 14% від загального споживання. Представимо цю залежність на рисунку 2.9.

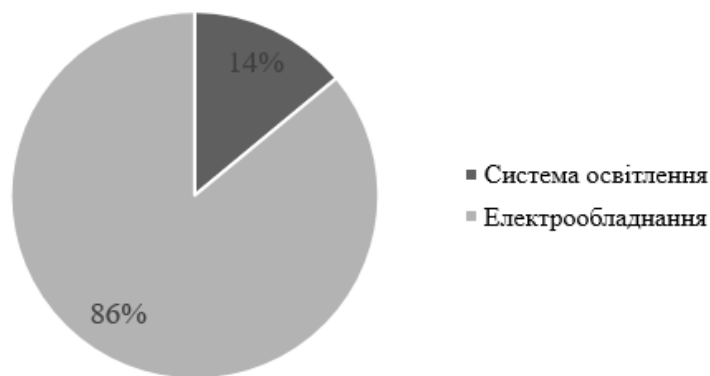


Рисунок. 2.9 – Баланс споживання електричної енергії об'єкту

Розрахунок електричного навантаження об'єкту

Згідно [], загальноосвітні школи з електрифікованими їдальнями та спортзалами на одного учня споживає 0,25 кВт, а оскільки в школі присутні близько 600 чоловік, то розрахункове електричне навантаження становитиме 150

кВт. З розрахунків, проведений у [] видно, що пораховане значення становить 58 кВт, що задовольняє норми. Це дає можливість школі забезпечити організацію навчального процесу кращої якості, а саме більше використовувати мультимедійні технології. А також провести певні заходи з енергозбереження, які потребують використання електричної енергії, наприклад, встановлення рекуператорів повітря.

Баланс споживання енергії

Проаналізувавши дані розрахунків у бакалаврській роботі [], можна скласти баланс споживання енергії на об'єкті. Баланс складається для двох груп споживачів: споживання харчоблоком та комп'ютерним класом (електроарматура) та системою освітлення.

Отже представимо баланси споживання на графіку 2.10 та 2.11.

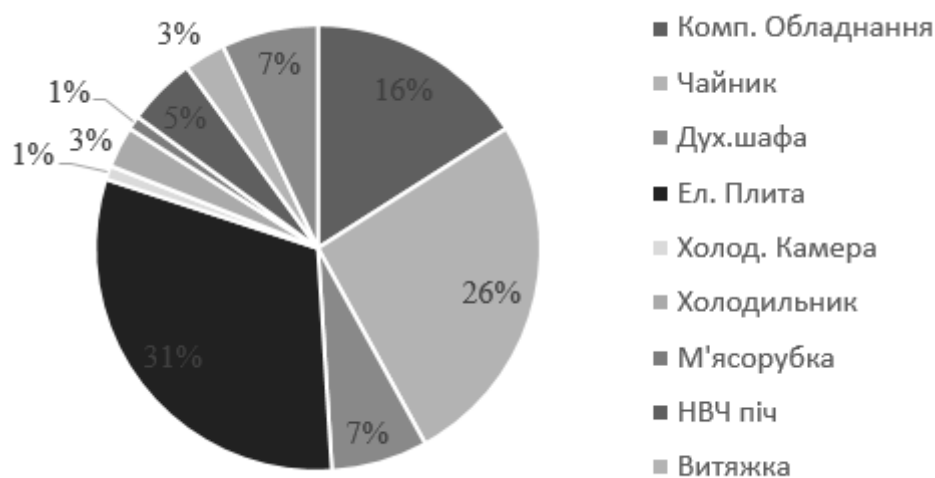


Рисунок 2.10 – Баланс споживання електроенергії електроарматурою

З графіка 3.3 видно, що найбільше енергії споживають такі групи споживачів, як: електричні чайники, електроплити та комп'ютерне обладнання. На ці споживачі перш за все треба звернути увагу.

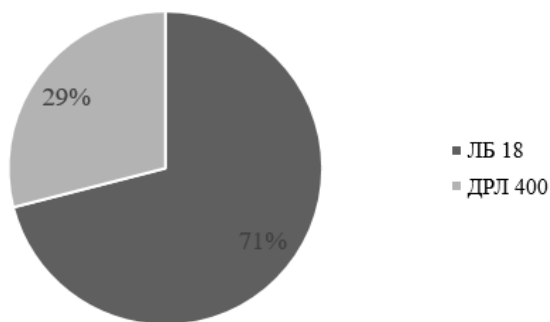


Рисунок. 2.11 – Баланс споживання електричної енергії системою освітлення

Як бачимо з графіку, в першу чергу треба звернути уваги на лампи ЛБ 18, тому що саме вони споживають більшість енергії.

2.4.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

Комфортні умови

На організм людини сильно впливає те, за яких умов вона повинна працювати, навчатися та жити. Створення для людини комфортних умов призводить до зниження травматизму, покращення фізичного та морального почуття людини, покращення імунітету та зменшує ймовірність захворювань.

Для школи можна виділити певні заходи по підвищенню комфортних умов.

По – перше, повітряна завіса. Повітряна завіса – це пристрій, який створює огорожу(повітряний бар’єр) між зовнішнім повітрям та внутрішнім.

Зовнішнє середовище — це й пориви теплого/холодного повітря, і різні запахи, комахи, пил та інше. Повітряні завіси є ідеальним рішенням для підтримки/збереження комфортних умов внутрішнього клімату в громадських будівлях, в торгових і промислових приміщеннях, які тримають свої двері відкритими.

По-друге, встановлення теплої підлоги. Цей захід більш підходить для садочків, але встановити теплу підлогу у початкових класах або у ігровій кімнаті, яка присутня для початкових класів, було б дуже доцільно з точки зору комфортних умов.

Дуже популярним є використання зволожувачів повітря, які дають можливість підтримувати вологість на потрібному рівні. Сучасні зволожувачі навіть можуть збагачувати повітря корисними домішками. Це все, хоч і не сильно відчувається людиною, але дуже сильно впливає на її самопочуття.

У СЗШ № 74, через некоректно спроектовану систему опалення, у спортзалі виникали некомфортні умови з точки зору температури.

При температурі 18°C у школі, у спортзалі повинна бути 16°C, але вона не підіймалась більше 14°C. По результатам теплотехнічної частини було прийнято рішення про встановлення теплового насосу для компенсації недостатньої теплоти. До цього, в літній період року, ми можемо включати тепловий насос на охолодження, якщо це буде потрібно.

Отже, ми створили комфортні умови.

Заміна системи зовнішнього освітлення

На даний момент у школі для потреби зовнішнього освітлення використовуються лампи ДРЛ-400. Загальна кількість встановлених ламп – 12 штук. Лампи використовуються лише в нічний період.

Для підвищення ефективності системи освітлення доцільним буде використання інших джерел світла, які більш ефективні і які мають більш високу світловіддачу. Отже, пропонується замінити старі світильники з лампами ДРЛ-400 на сучасні, більш ефективні світильники, наприклад, Lukoza LED-MOD-55-3.

Цей захід є досить простим з точки зору його виконання та має доцільний термін окупності, приблизно 4 роки.

Заміна системи внутрішнього освітлення

Внутрішня система освітлення складається з люмінесцентних ламп ЛБ 18 по 2 штуки у світильнику. Усього у школі 352 світильника, тобто 704 лампи. Потужність цієї лампи 18 Вт, світловий потік 1060 лм.

Люмінесцентні лампи пропонується замінити на більш сучасні LED-лампи. Відповідно до світлового потоку обираємо LED – лампи потужністю 8 Вт зі світловим потоком 1200 лм. Оскільки старі світильники підходять і для нових ламп, їх можна не замінювати, що значно знижує собівартість заходу. Також важливим моментом є те, що замінити люмінесцентну лампу на LED може людина без спеціальної кваліфікації, тобто відповідний працівник школи.

Дуже простий захід з точки зору виконання з приємним терміном окупності, приблизно 5 років. Також ми отримаємо певне підвищення якості освітлення, що дуже важливо для школи.

Заміна старого кухонного обладнання

Як показав первинний огляд кухонних приміщень, у школі використовується багато старого неефективного обладнання, наприклад, електричні плити.

Було б доречно замінити неефективне обладнання на нове, більш сучасне.

Як показує практика, терміни окупності для таких заходів лежать в межах від 4 до 8 років, але важливим моментом є те, що старе обладнання працює і його можна продати, за рахунок чого термін окупності значно зменшиться.

Встановлення датчиків руху

Не в усіх приміщеннях використання освітлення супроводжується присутністю людей, а це не що інше, як неефективне використання електроенергії.

Одним із методів раціоналізації використання енергії є встановлення датчиків руху.

Системи управління освітленням найбільш ефективні, якщо вони суміщені з сучасними або повністю модернізованими системами освітлювальної арматури. Взагалі модернізовані освітлювальні системи дозволяють економити від 20 до 30% електроенергії без погіршення комфортності.

Найбільш ефективним буде встановлення датчиків руху у туалетах школи. Всього по школі 6 санвузлів.

Встановлення датчиків руху дозволить автоматично вимикати освітлення в приміщенні при відсутності людей.

2.4.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації

Опис основного завдання магістерської дисертації

Вентиляція приміщень школи здійснюється природним шляхом через вентиляючі отвори за рахунок різниці тисків. Це не забезпечує необхідну кількість свіжого повітря в класах, що змушує постійно використовувати вимушений повітрообмін за допомогою провітрювання. Якщо в теплу пору року це допустимо, то взимку це призводить до постійної зміни кліматичних умов у класі (зниження температури повітря, зменшення вологості і т.д.) та великих втрат теплоти при заміні повітря. При цьому дуже важко забезпечити комфортні умови для дітей з точки зору вмісту шкідливих речовин у повітрі. Були проведені вимірювання які показали, що навіть враховуючі постійні періодичні провітрювання, рівень CO₂ у класі постійно зростає і вже починаючи з другого заняття перевищує рекомендовану норму.

Для вирішення цієї проблеми у спеціальній частині магістерської дисертації було запропоновано встановлення автономних рекуператорів повітря.

Автономний рекуператор повітря це побутовий пристрій, який відбирає з приміщення повітря, і запускає чисте. За допомогою теплообмінника частина тепла відпрацьованого повітря зберігається та віддається припливному. Цей фактор, та той, що сучасні рекуператори використовують фільтри, дозволяє підтримувати у приміщенні завжди чисте повітря та економити велику кількість теплоти за рахунок зменшення інфільтрації (рисунок 2.12).

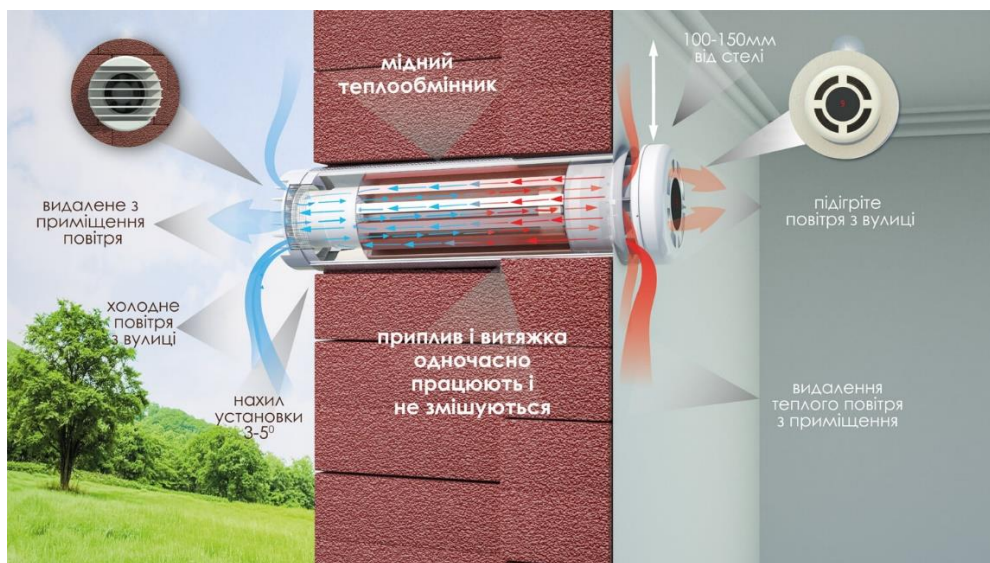


Рисунок 2.12 – Схема повітряного трубного рекуператора

Повітряні рекуператори володіють такими перевагами як:

- Висока економічність, завдяки зниженню витрат на експлуатацію;
- Зниження витрат за рахунок зменшення витрат на опалення і кондиціонування;
- Простота монтажу установки, якщо порівнювати з іншими видами вентиляційних систем;
- Можливість поступової модернізації. Враховуючи кризу та недостатнє фінансування це є великою перевагою;
- Підтримання комфортних кліматичних умов.

Дослідження впливу заходу на систему електропостачання школи

Рекуператор – це електроприймач 3ої категорії надійності, тому він не потребує резервного джерела живлення. Якщо по якимось причинам рекуператор буде відключений від напруги це не призведе до істотних проблем. Звісно, доведеться на певний час відкривати вікна для вимушеного провітрювання, що призведе до втрат тепла, але це не є причиною для зміни схеми електропостачання та введення резервного джерела живлення.

Ще одним параметром, який свідчить про те, що існуючу систему електропостачання не доведеться змінювати є те, що рекуператори є досить стійкими до перепадів напруги. Рекуператор, обраний у спеціальній частині, може витримувати перепади напруги у діапазоні 180-250 V (таблиця 2.22)

Таблиця 2.22 – Технічні характеристики рекуператора Прана 200С

Приплив повітря, м3/ год	235
Витяжка повітря, м3/ год	220
Довжина робочого	500
ККД, %	67
Споживана потужність, Вт	12-54
Рівень шуму, dB(A)	38
Рекомендована напруга, V	230±10%
Частота, Hz	50
Граничні значення	180-250

Як ми розраховували раніше, ми маємо досить великий запас для введення нових приймачів електричної енергії.

Обчислимо максимальне електричне навантаження запропонованих рекуператорів на систему електропостачання.

Визначення сумарної номінальної потужності для рекуператорів:

$$P_{\text{н.}\Sigma} = P_{\text{н}} \cdot n,$$

де: n – кількість одиниць;

$P_{\text{н}}$ – номінальна потужність ЕП, Вт.

$$P_{\text{н.}\Sigma} = 54 \cdot 50 = 2700 \text{ Вт} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Як ми бачимо, навіть за умови, що школа встановить рекуператори у всі класи, як враховувалось у розрахунку вище, вони майже не вплинуть на електричну систему школи.

Засоби підключення рекуператорів до мережі

Систему вентиляції під'єднують до електромережі напругою 220V та частотою 50Hz. Підключення системи вентиляції до електромережі забезпечується за допомогою електрокабелю, який виведений з робочого модуля. В тому випадку, якщо електромережа не підведена до монтажного отвору, електрокабель від рекуператора слід під'єднати до електромережі в розподільній коробці по схемі на рис.2.13. Слід з'єднати контактні клеми 1, 2 паралельно, або встановити на кабель електричний роз'єм, який відповідає вище зазначеним параметрам для швидкого підключення і відключення електричних приладів. Ще існує варіант прямого підключення рекуператора в найближчу розетку, але це є досить неістетично та небезпечно, так як мова йде про школу та дітей.

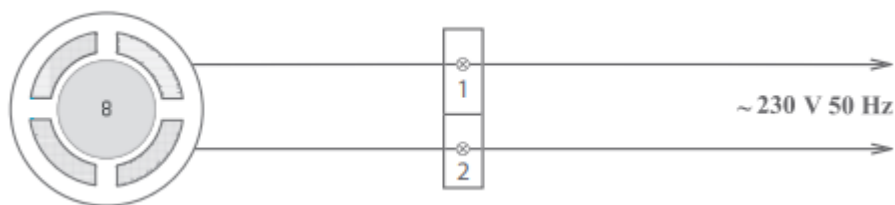


Рисунок 2.13 – Схема під'єднання рекуператора до мережі в розподільній коробці

Якщо до монтажного отвору були попередньо підведені кабель домовик електромережі, тоді підключення живлення до кабелю робочого модуля здійснюється в безпосередній близькості до корпусу рекуператора. Треба вкоротити електрокабель від рекуператора до довжини, яка зручна для електропідключення.

Все електрокабелі, повинні бути перетином 0,5-0,75 мм². Управління роботою системи здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування або мобільного додатка, який керує роботою вентиляторів, вбудованих в корпус системи вентиляції (включає, регулює, вимикає).

Висновки до розділу

В теплотехнічній частині розділу було пораховано втрати будівлі через огорожувальні конструкції та визначено енергопотребу будівлі на опалення. Також були розглянуті заходи з енергозбереження, які можуть значно зменшити теплові втрати та підвищити комфортні умови. Було зроблено висновок про те, що існуючу систему вентиляції було б добре модернізувати.

В електричній частині було проаналізовано графіки споживання електроенергії за попередні 3 роки, що показало відповідність споживання енергії режиму роботи школи: в зимовий період споживається більше теплової та електричної енергії, літній період відмічається значним спадом споживання електроенергії. Було пораховано, що школа має значний запас по потужності, що дає можливість підвищити медіазабезпечення школи та проводити заходи з енергозбереження, які потребують використання електроенергії. Аналіз питання модернізації системи вентиляції з електричної точки зору показав, що цей метод енергозбереження не потребує суттєвих змін у схемі постачання електроенергії.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ У КЛАСАХ ШКОЛИ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОНОМНИХ РЕКУПЕРАТОРІВ

3.1 Огляд проблеми та постановка задачі

Вентиляція приміщень школи здійснюється природним шляхом через вентиляюючі отвори за рахунок різниці тисків. Це не забезпечує необхідну кількість свіжого повітря в класах, що змушує постійно використовувати вимушений повітрообмін за допомогою провітрювання. Якщо в теплу пору року це допустимо, то взимку це призводить до постійної зміни кліматичних умов у класі (зниження температури повітря, зменшення вологості і т.д.) та великих втрат теплоти при заміні повітря. При цьому дуже важко забезпечити комфортні умови для дітей з точки зору вмісту шкідливих речовин у повітрі. Були проведені вимірювання які показали, що навіть враховуючі постійні періодичні провітрювання, рівень CO₂ у класі постійно зростає і вже починаючи з другого заняття перевищує рекомендовану норму.

Автономний рекуператор повітря це побутовий пристрій, який відбирає з приміщення повітря, і запускає чисте. За допомогою теплообмінника частина тепла відпрацьованого повітря зберігається та віддається припливному. Цей фактор, та той, що сучасні рекуператори використовують фільтри, дозволяє підтримувати у приміщенні завжди чисте повітря та економити велику кількість теплоти за рахунок зменшення інфільтрації (рисунок 3.1).

Повітряні рекуператори володіють такими перевагами як:

- Висока економічність, завдяки зниженню витрат на експлуатацію;
- Зниження витрат за рахунок зменшення витрат на опалення і кондиціювання;
- Простота монтажу установки, якщо порівнювати з іншими видами вентиляційних систем;

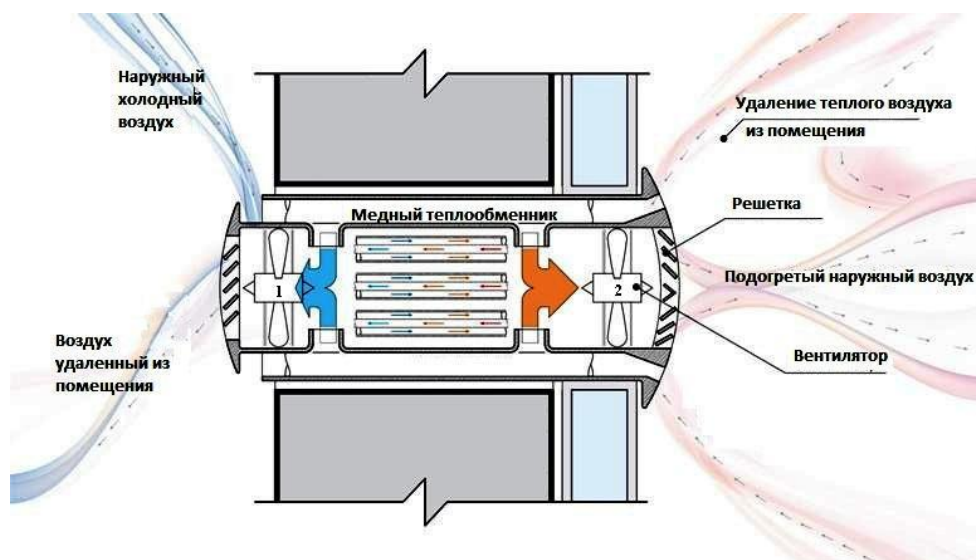


Рисунок 3.1 – Схема повітряного трубного рекуператора

- Можливість поступової модернізації. Враховуючи кризу та недостатнє фінансування це є великою перевагою;
- Підтримання комфортних кліматичних умов.

Рекуперація є, по суті, методом скорочення втрат через вентиляційну систему, тобто технологією енергозбереження. За допомогою рекуперації можна зберегти більше 70% тепла, що втрачається на інфільтрацію. Енергія використовується повторно в одному технологічному процесі. Існують рекуператори різних потужностей і конструкцій.

3.2 Експериментальна частина

Для вимірювань було використано: комплексний прилад Регістратор CO₂ TR-75Ui (рис. 3.2) з діапазоном вимірювань CO₂: 0...9999 ppm, температури: 0...55°C, відносної вологості: 10...95% RH. Для дублювання температур повітря та відносної вологості було використано термісторний електронний комплексний прилад LM-8000 з діапазоном вимірювань температур –20°C ... +65°C і відносної вологості - 10...95% RH, а також пірометр GM320 з діапазоном вимірювань –50°C ... +380°C для вимірювань поверхонь стін, підлоги, стелі, вікон та радіаторів опалення. Для визначення площі та

об'єму класів було використано лазерний дальномір Eco Dist Plys з можливістю вимірювати до 30 м з точністю ± 1 мм та вбудованою функцією розрахунку площі та об'єму.



Рисунок 3.2 – Прилади, використані під час дослідів

Дослідження проводились після осінніх канікул, в листопаді місяці коли в школі було включено опалення. Вміст CO_2 в повітрі біля школи визначався на протязі доби одного із днів - дані наведено на рис.3.3.

Була розглянута динаміка зміни температури, відносної вологості та вмісту CO_2 в приміщенні об'ємом $194,4\text{ м}^3$ одного із старших класів, в якому під час занять були присутні 22 чоловіка. Вимірювання проводились на третьому поверсі в навчальному класі, кориді та на вулиці до та після занять, для порівняння з фоновим вмістом CO_2 . Дані по вимірюванню представлені у вигляді графіків на рисунку 3.4.



Рисунок 3.3 – Дані вимірювань CO₂ у точках поблизу школи та в одній з аудиторій протягом дня

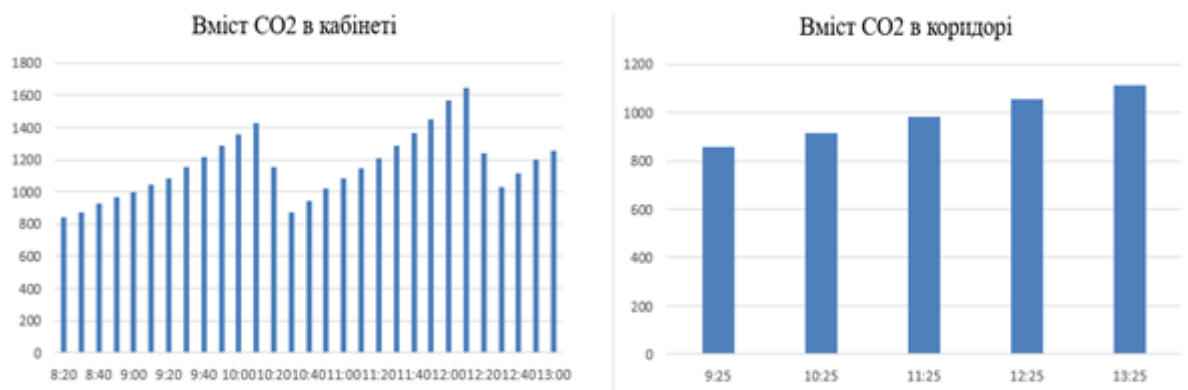


Рисунок 3.4 – Дані вимірювання CO₂ в кабінеті та коридорі

Значення природного фону CO₂ знаходилось на рівні 550 ppm, що дещо вище добою раніше виміряних значень на вулиці. Максимальні значення CO₂ в класі перед провітрюванням - 1426, 1642, 1346 ppm відповідає допустимим та обмежено допустимим нормам. Провітрювання проводились вчасно, але оптимальні норми завищені вдвічі. Температура та відносна вологість підтримувались на рівні комфорту 22,4...24,7 °C та φ=40...45% відповідно. Але кожен раз після трьох 10 хвилинних провітрювань температура в класі

знижувалась на 2,5 К, що відповідає втраті теплоти у 1750 кДж або майже 1,0 кВт теплової енергії за 10 хв. провітрювання.

3.3 Класифікація та вибір рекуператорів повітря

Класифікацію рекуператорів можливо розглянути за наступними параметрами:

За типом розміщення рекуператора

В стіні.

Прилад повністю утоплений в отвір у стіні. З обох сторін нічого не виступає. Зовні розміщена решітка, а з внутрішньої сторони панель управління та декоративна решітка (Рисунок 3.5 а).

Всередині приміщення, на стіні, що межує з вулицею.

Рекуператор в корпусі встановлюється на стіну усередині приміщення, зазвичай під підвіконням. Із зовнішнього боку розміщена зовнішня решітка (Рисунок 3.5 б).

Зовні приміщення.

Рекуператор в корпусі розміщується на стіні зовні, з внутрішньої частини стіни видно декоративну решітку, що закриває повітропровід і панель управління (рисунок 3.5 с).

За кількістю вентиляторів

Існують моделі з одним вентилятором та двома. Якщо вентилятор один, приплив та витяжка здійснюються циклічно, зазвичай приблизно по 2 хвилини на цикл. У цьому випадку доречно використовувати декілька приладів, які працюють у протифазі, тобто один витягає, інший втягує повітря. Для більш ефективної рекуперації їх потрібно налаштувати так, щоб під час, коли один рекуператор повітря втягує, інший витягує і навпаки. Це дозволить зробити більш вдалу картину переміщення повітря по приміщенню.



Рисунок 3.5 – Схеми розташування рекуператорів

Моделі з двома вентиляторами одночасно здійснюють і приплив і витяжку повітря. Доречно використовувати для невеликих приміщень.

За наявності підігріву та функції клімат-контролю.

Рекуператори з системою додаткового підігріву мають електричний нагрівач, який гріє сам рекуператор, тим самим запобігаючи його обмерзанню і

збільшує нижній температурний діапазон застосування приладу. Догрів впливає на температуру повітря, що подається, збільшуючи її на кілька градусів.

Рекуператори з функцією клімат-контролю здатні нагрівати повітря в приміщенні до температури, заданої користувачем.

За класом повітряних фільтрів та можливістю регулювати вологість в приміщенні.

Фільтри грубої очистки : класи G1, G2, G3, G4 - великий пух, сажа, частки великого пилю, комах, пір'я, великі насіння рослин.

Фільтри тонкої очистки : класи F5, F6, F7, F8, F9 - частинки розміром більше 3 мікрон: середній і дрібний пил, пух, середній і дрібний пилок рослин, спори грибів / цвілі, бактерії.

Дослідивши ринок було обрано моделі різних виробників, які найбільш підходять за своєю високою ефективністю, температурним діапазоном та призначенням (для житлових будівель, що враховує встановлені фільтри).

Моделі, обрані для дослідження:

1) Prana 150 Eco Life

2) Maico PushPull PP 45 K



3) Prana 150

4) Mitsubishi Electric Lossnay VL-100EU5-E



5) Blauberg Vento Expert A50-1 Pro 6) Mitsubishi Electric Lossnay VL-50ES2-E



7) Вентс ТвинФреш РА-50 8) SmartStream M150 Wi-Fi квадратный



9) Домовент Соло РА1-35А-9 Р 10) Prana 200С

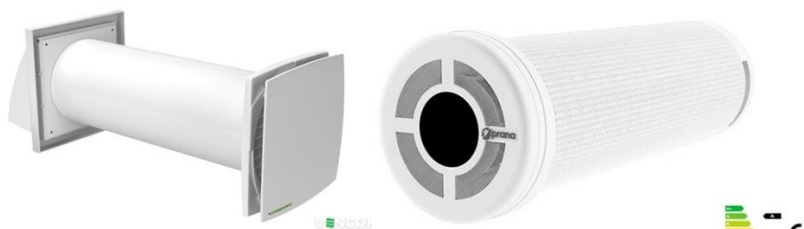


Рисунок 3.6 - Зображення рекуператорів

Основні технічні характеристики наведені у таблиці 3.1

Основні переваги та недоліки рекуператорів наведені у таблиці 3.2.[]

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики рекуператорів

Назва	Матеріал теплообмінника	Площадь, м ²	Витрата повітря, м ³	Рівень шуму, дБ	Діаметр, мм	Потужність, Вт	Ціна, грн
Prana 150 Eco Life	мідь	36-60	115	36	150	32	14495
Maico PushPull PP 45 K	кераміка	11-20	30	40	160	2.8	19964
Prana 150	мідь	36-60	115	40	150	55	6950
Lossnay VL-100EU5-E	целюлоза	21-35	100	36,5	90	30	9449
Expert A50-1 Pro	кераміка	11-20	50	21	160	5,2	8019
VL-50ES2-E	целюлоза	11-20	51	36,5	150	19	8709
Вентс ТвинФреш PA-50	кераміка	11-20	50	24	150	4,6	5782
SmartStream M150	метал	10	50	25	162	2,5	4300
Домовент Соло PA1-35A-9 P	метал	10	35	32	103	1,92	2708
Prana 200C	мідь	96	235	40	200	55	9500

Таблиця 3.2 – Основні переваги та недоліки обраних рекуператорів

Назва	Переваги	Недоліки
Prana 150 Eco Life	<p>Наявність мідного теплообмінника. Унікальний набір датчиків. Є режим роботи AUTO. Можна здійснювати дисбаланс системи.</p> <p>Робота на збереження тепла / холоду в приміщенні.</p> <p>Присутня функція нагріву теплообмінника.</p> <p>Віддалене управління. Можна фарбувати кришку (опція).</p> <p>Простий монтаж.</p>	<p>Кришка не закривається ідеально щільно.</p> <p>Простий дизайн для такого функціоналу.</p>
Maico PushPull PP 45 K	<p>Німецька якість.</p> <p>Практично непомітна кришка.</p> <p>Безшумна робота.</p> <p>Відмінна ізоляція кришки.</p> <p>Допустима фарбування.</p>	<p>Реверсивний прилад.</p>
Prana 150	<p>Вбудований мідний теплообмінник.</p> <p>Можна виконувати дисбаланс системи. Присутня функція нагріву теплообмінника.</p> <p>Дистанційне керування.</p> <p>Кришку можна фарбувати (опція).</p> <p>Проста установка.</p>	<p>Кришка закривається нещільно.</p>

Продовження таблиці 3.2

Mitsubishi Electric Lossnay VL-100EU5-E	<p>Високий рівень японської якості.</p> <p>Вбудований інтерпільний теплообмінник.</p> <p>Тиха робота.</p> <p>Висока продуктивність.</p> <p>Є вбудований фільтр.</p> <p>Продумана система закриття приладу.</p> <p>Wi-Fi управління (опція).</p>	<p>Має тільки 2 швидкості роботи.</p> <p>Досить габаритний корпус.</p> <p>Можливий тільки горизонтальний монтаж.</p> <p>Немає пульта управління.</p>
Blauberg Vento Expert A50-1 Pro	<p>Німецький бренд.</p> <p>Можливо управління через Wi-Fi.</p> <p>Керамічний теплообмінник.</p> <p>Стильна панель.</p> <p>Є пульт управління.</p>	<p>Реверсивний регенератор.</p> <p>Є зазори між автоматичними шторками, кришкою.</p>
Mitsubishi Electric Lossnay VL-50ES2-E	<p>Японське виробництво.</p> <p>Інтерпільний теплообмінник.</p> <p>Є функція перемикавання заслінки.</p> <p>Вбудований відцентровий вентилятор. Горизонтальний і вертикальний монтаж.</p> <p>Передбачена система закриття приладу. Просте обслуговування.</p>	<p>2 швидкості.</p> <p>Габаритний корпус.</p>
Вентс ТвинФреш РА-50	<p>Компактні розміри внутрішньої кришки.</p> <p>Автоматичні шторки для захисту від протягів.</p> <p>Керамічний теплообмінник. У комплекті йде вимикач.</p>	<p>Тільки 2 швидкості. Відсутня декоративна панель.</p> <p>Шторки не зачиняються герметично.</p>

Продовження таблиці 3.2

SmartStream M150 Wi-Fi квадратный	Безшумна робота. Сучасний дизайн. Металевий теплообмінник. Наявність клапана закриття від протягів. Можливість управління через Wi-Fi.	Низька продуктивність. Немає кнопочового вимикача, пульта дистанційного керування.
Домовент Соло PA1-35A-9 P	Доступність. Невеликий діаметр отвору. Металевий теплообмінник. Термозахист від перегріву. Наявність 2-х фільтрів.	Немає захисту від протягів. Невелика продуктивність. Ефективну роботу забезпечать тільки 2 прилади в приміщенні.
Prana 200C	Мідний теплообмінник. Високий рівень продуктивності. Можливо виконувати дисбаланс системи. Нагрівання теплообмінника в зимовий час. Можна роботою управляти через смартфон / планшет. Простий монтаж. Є пульт управління.	Нещільне закриття кришки.

На основі проведених досліджень було обрано рекуператор ПРАНА 200С, який найбільше підходить з точки зору ефективності, ціни, рівню шуму та витрати повітря. Також великою перевагою є те, що це вітчизняний виробник

3.4 Розрахунок ефективності використання рекуператорів теплоти

Аналіз втрат показав, що велика частка втрат теплоти припадає на інфільтрацію. Після заміни вікон ця частка зменшиться, що призведе до невідповідного значення повітрообміну в класних кімнатах.

Згідно з СН, кількість зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення на одного учня, має становити не менше 16 м³/год. В шкільних лабораторіях та

майстернях, повинна встановлюватись окрема витяжна вентиляція, а об'єм свіжого повітря має бути не менше 20 м³/год. Для забезпечення комфортного мікроклімату інші показники повинні відповідати нормам: температура повітря 16-22 °С, відносна вологість повітря 30-60%, вміст CO₂ до 600 ppm.

Було прийняте рішення встановити децентралізовану систему вентиляції – рекуператори повітря.

Це зменшить витрати тепла та зможе забезпечити комфортні умови.

Планування класів у ліцеї типове, а розміри класів практично співпадають.

Тому розрахунок буде проведений для одного класу.

Розміри класу: довжина – 10,3 м, ширина – 5,9 м, висота – 3,2 м, об'єм – 194,4 м³. Присутні чотири вікна габаритами 1,6х2,4 м² товщина зовнішньої стіни – 0,508 м.

Для визначення необхідної продуктивності необхідно розрахувати два значення повітрообміну: по кратності і по кількості людей, після чого вибрати більше з цих двох значень.

Визначення необхідної продуктивності по кратності повітрообміну.

Так як нормована кратність повітрообміну, $n = 1 \text{ год}^{-1}$ [], необхідна продуктивність припливної вентиляції рівна об'єму приміщення що вентилується $V_{\text{вн}} = 194,4 \text{ м}^3$.

Визначимо теплове навантаження на систему вентиляції, кВт, за формулою:

$$Q_{\text{вн}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}),$$

де $V_{\text{вн}}$ – об'єм кабінету, м³;

$t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура в приміщенні, $t_{\text{вн}} = 20 \text{ °C}$ [];

$t_{\text{с.о.}}$ – середня температура навколишнього повітря за опалювальний період, $t_{\text{с.о.}} = -0,1 \text{ °C}$ [].

Підставивши данні в формулу, маємо:

$$Q_{\text{вн}} = 0,337 \cdot 194,4 \cdot (20 - (-0,1)) = 1,473 \text{ кВт.}$$

Визначимо вентиляційні втрати теплоти до впровадження методу з енергозбереження, кВт·год, за формулою:

$$Q_{\text{річ}}^{\text{вен}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot z,$$

де n_0 – кількість робочих днів, $n_0 = 176$ днів;

z – кількість працюючих годин в день, $z = 9$ год.

Підставивши данні в формулу, маємо:

$$\begin{aligned} Q_{\text{річ}}^{\text{вен}} &= 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot z \\ &= 0,337 \cdot 194,4 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 9 \\ &= 2333,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \end{aligned}$$

Визначення необхідної продуктивності повітрообміну по кількості учнів у класі.

Згідно з СН, кількість зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення на одного учня, має становити не менше 16 м³/год. В середньому у кожному класі 22 учня.

Тоді, об'єм повітря, що вентилюється $V_{\text{вн}} = 16 \cdot 22 = 352 \text{ м}^3$.

Визначимо теплове навантаження на систему вентиляції:

$$Q_{\text{вен}} = 0,337 \cdot 352 \cdot (20 - (-0,1)) = 2667,35 \text{ кВт}.$$

Визначимо вентиляційні втрати теплоти до впровадження методу з енергозбереження:

$$\begin{aligned} Q_{\text{річ}}^{\text{вен}} &= 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot z = 0,337 \cdot 352 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 9 \\ &= 4225 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,63 \text{ Гкал}. \end{aligned}$$

Отже, надалі розраховуємо необхідну кількість рекуператорів по продуктивності повітрообміну по кількості учнів у класах.

Після аналізу ринку були обрані рекуператори ПРАНА 200С. В розрахунок приймалися такі параметри як ширина стіну, рівень шуму, потужність, робочий температурний діапазон та витрата повітря рекуператора.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд рекуператора ПРАНА 200С

Технічні характеристики рекуператора Прана (таблиця 3.4):

- приток і витяжка працюють одночасно, повітряні потоки не перемішуються;
- новий дизайн внутрішніх і зовнішніх вентиляційних решіток забезпечує додатковий захист системи вентиляції від дощу, листя і тополиного пуху, а також дає змогу за необхідності повністю перекрити повітряні потоки.
- система управління: пульт дистанційного управління або димер (реостат).
- модель застосовується на об'єктах побутового призначення (приватні будинки, квартири, офісні приміщення, навчальні заклади).

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики рекуператора Прана 200С

Приплив повітря, м3/ год	235
Витяжка повітря, м3/ год	220
Довжина робочого модуля, мм	500
ККД, %	67
Споживана потужність, Вт	12-54
Рівень шуму, dB(A)	38

Розрахунок системи вентиляції після установки децентралізованої системи вентиляції, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{річ}}^{\text{рек}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{пр}}) \cdot n_0 \cdot z,$$

де: $t_{\text{пр}}$ – температура припливного повітря, °C.

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{с.о.}} + \frac{G_1 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}})}{G_2} = (-0,1) + \frac{220 \cdot (20 - (-0,1))}{235} = 18,72^\circ\text{C};$$

де: G_1 – об'ємна витрата витяжного повітря, $G_1 = 220 \text{ м}^3/\text{год}$;

G_2 – об'ємна витрата припливного повітря, $G_2 = 235 \text{ м}^3/\text{год}$;

$t_{\text{зв}}$ – температура зовнішнього повітря, $t_{\text{зв}} = t_{\text{с.о.}} = -0,1^\circ\text{C}$.

Підставивши данні в формулу, маємо:

$$Q_{\text{річ}}^{\text{рек}} = 0,337 \cdot 352 \cdot (20 - 18,72) \cdot 176 \cdot 9 = 240,51 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,206 \text{ Гкал}$$

Для забезпечення нормальних параметрів знадобиться 2 таких рекуператорів. Ціна за 1 шт. – 9500 грн, загальна вартість складе 19000 грн.

Монтажні роботи 4000 грн.

Затрати на експлуатацію, грн/рік, знаходимо за формулою:

$$A = \Sigma P \cdot n \cdot \tau \cdot T,$$

де: споживана потужність рекуператора P – 54 Вт;

n – кількість робочих днів, в середньому 250 днів;

τ – кількість працюючих годин в день, $\tau = 9$ год;

T – діючий тариф на електроенергію – 2,13 грн/кВт·год.

Тоді затрати на експлуатацію, за формулою:

$$A = 0,054 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 9 \cdot 2,13 = 517,59 \text{ грн / рік.}$$

Розрахуємо економію теплоти за формулою:

$$\Delta Q = 3,63 - 0,206 = 3,424 \text{ Гкал.}$$

Розрахуємо загальні капіталовкладення, грн, за формулою:

$$K = N \cdot C + A + M,$$

де: N – кількість рекуператорів.

Підставивши данні в формулу, маємо:

$$K = 2 \cdot 9000 + 517,59 + 4000 = 22517,59 \text{ грн.}$$

Розрахуємо економію в грошах, грн, за формулою:

$$E = \Delta Q \cdot T = 3,424 \cdot 1654,41 = 5664,7 \text{ грн.}$$

Розрахуємо простий термін окупності заходу, роки, за формулою:

$$T = \frac{22517,59}{5664,7} = 4 \text{ роки.}$$

Так як період окупності рекуператорів Прана незначний, даний захід з енергозбереження варто реалізувати.



Рисунок 3.8 – Приклади застосування рекуператорів

Висновки до розділу

1. Автономні трубні рекуператори дозволяють незалежно для кожного класу здійснювати оновлення повітря. Оновлене повітря попередньо очищується та підігрівається в холодні періоди року та охолоджується в спекотні. Це дозволить підтримувати рівень CO₂ у приміщенні на нормативному рівні (не більше 800 ppm).

2. За проведеними розрахунками рекуператори дозволяють зменшити втрати теплоти уникаючи провітрювання та зменшити інфільтрацією повітря в тричі за рахунок вирівнювання тиску в приміщенні з вулицею. Даний захід дозволяє зберегти більше 20% теплової енергії, яке витрачається на опалення.

3. Вибір саме такого засобу з модернізації системи вентиляції дозволяє проводити її поступово для кожного класу.

4. СТАРТАП-ПРОЕКТ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ЖАЛЮЗІ ІЗ СОНЯЧНИМИ ФОТОЕЛЕМЕНТАМИ У ШКОЛАХ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.[]

4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

Таблиця 4.1– Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
Етап розробки концепції і планування цілей проекту	Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища, народження ідеї, пошук однодумців
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, подолання певних суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій та устаткування тощо
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї

Продовження таблиці 4.1

Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї
Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту
Маркетинговий етап реалізації проекту	Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку

4.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту

Проаналізуємо та представимо у вигляді таблиці 4.2 зміст ідеї, напрямки застосування та вигоди для користувача.

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Встановлення жалюзі із сонячними фотоелементами на вікнах у навчальних класах	Загальноосвітні заклади	1. Зменшення рівня сплати за послуги електропостачання
		2. Можливість використовувати як аварійне джерело живлення
		3. Можливість створення джерела автономного електропостачання
		4. Запобігання проникненню агресивних сонячних променів

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (таб. 4.3).
Визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї.
Визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного

проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні характеристики ідеї

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	Мій проект
1.	Змінні витрати	Суттєве зниження витрат на електроспоживання
2.	Можливість автоматизації та регулювання	Програмне забезпечення для зручного керування

4.3 Аналіз конкурентного середовища

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 4.4 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Встановлення жалюзі із сонячними фотоелементами	Для встановлення системи необхідно надати техніко-економічні розрахунки	Такі технології вже існують.	Багато підприємств та компаній пропонують свої послуги щодо використання сонячних фотоелементів.

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл.4.5).

Таблиця 4.5 – Попередня характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	Близько 600 шкіл м. Києва не використовують відновлювальні джерела енергії
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	240 000 грн
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Фінансування
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 4.6 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Жалюзі із сонячними фотоелементами скорочують витрати на електроспоживання	Жалюзі із сонячними фотоелементами можуть бути встановлені у багатоквартирних будинках, адміністративних спорудах, освітніх закладах.	Фінансування за державні кошти або за кошти фізичних/юридичних осіб	Товар має відповідати технічним умовам наданим споживачем та якості виготовленої продукції.

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають. Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 4.7 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Збільшення ціни на обладнання	За наявності нестабільного фінансового стану у країні, можливе збільшення ціни на необхідне обладнання	Внаслідок цього збільшення ціни на сам товар.

Таблиця 4.8 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Зміна постачальника	Можливість придбати необхідне обладнання за нижчою ціною у іншого продавця	Повторне погодження із замовником. Виготовлення товару за новою ціною

Проводиться порівняльний аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту, що зображений в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Зменшення витрат на сплату за електропостачання 2. Відсутність витрат на обслуговування 3. Простота конструкції та монтажу 4. Використання відновлювального джерела енергії 5. Можливість програмування та регулювання	1. Необхідність реконструкції наявної системи електропостачання 2. Часті зміни в законодавстві, пов'язані з зеленою енергетикою
Можливості	Загрози
1. Підтримка з боку держави та великої кількості фондів енергоефективності 2. Можливість підтримки вітчизняного виробника 3. Можливість дистанційного та автоматичного управління	1. Нестабільність роботи обладнання, пов'язана з специфікою роботи

4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Враховуючи специфіку проекту, провести детальний розрахунок щодо капіталовкладень в даний час неможливо, так як дані жалюзі знаходяться в розробці і невідомі точні характеристики. Але, враховуючи дані, які можна знайти в мережі щодо вартості жалюзі, характеристик панелей та строків окупності заходів, які пов'язані з таким видом виробництва електроенергії, можна зробити висновки про попередні капіталовкладення. Розрахунок проведений для 100 м² вікон, враховуючи приблизну ціну на продукт та характеристики тестових зразків.

4.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Для досягнення виконання проекту потрібно залучити певні види діяльності, які описані у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Основні види діяльності під час реалізації проекту

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Залучення інвестиції	Пошук можливостей для отримання коштів на реалізацію проекту (мова йде або про пряме фінансування державою, або пошук інвесторів, або участь у певних програмах щодо підтримки «зелених» проектів).	Отримання коштів на реалізацію проекту.
Технічний розрахунок	Проведення розрахунків щодо модернізації системи електропостачання, розрахунок мінімального та максимального споживання, планування того, що робити з цією енергією.	Отримання результатів щодо економічної та технічної складової проекту.

Продовження таблиці 4.9

Монтаж обладнання	Закупівля та монтаж обладнання, модернізація електросхеми.	Працююча система.
Налаштування системи	Встановлення програмного забезпечення для контролю системи, обліку споживання/виробництва і т.д.	Оптимізація процесу керування системою.
Навчання персоналу	Виділення та навчання людей, які можуть провести мінімальні необхідні дії з системою (налаштування, зняття показників і т.д.)	Підвищення стабільності та ефективності роботи системи.

4.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

4.6.1 Прямі матеріальні витрати

Таблиця 4.10 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Загальні капіталовкладення
1.	Закупівля матеріалів і монтаж	грн.	2500	100	250000
2	Модернізація електричної схеми	грн.	25000	1	25000
Всього:					275000

4.6.2 Витрата на оплату праці

Таблиця 4.11 – Структура персоналу та ФОП

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівни ків	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Директор	ставка	1	20000	60000	240000
2.	HR-менеджер	ставка	1	16500	49500	198000
3.	Маркетинг-менеджер	ставка	1	16500	49500	198000
5.	Інженер-проектувальник	ставка	2	26000	78000	312000
Всього						948000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)						208560
ФОП						739440
Виробничий персонал						
1.	Спеціаліст з монтажу	відрядна	6	78000	234000	936000
2.	Водій	ставка	2	18000	54000	216000
3.	Вантажник	ставка	4	32000	96000	384000
Всього						1536000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)						337920
ФОП						1873920
ВСЬОГО						2613360

4.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

В таблиці 4.12 проведемо обґрунтування вартості основних фондів та амортизаційні відрахування.

Таблиця 4.12 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів підприємства на 2019 рік.

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт.	Вартість на початок року, грн.	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн.				
				квартал				За рік
				I	II	III	IV	
Комп'ютери та ПЗ	5	57500	50	7187,5	7187,5	7187,5	7187,5	28750
Вантажівки	2	975800	29	78064	78064	78064	78064	312256
Робочий стіл + крісло	5	7500	24	450	450	450	450	1800
Офіс (приміщення)	1	282000	5	0	0	11280	2820	14100
Всього								356906

4.6.4 Інші прямі витрати

В таблиці 4.13 бачимо аналіз інших непрямих витрат.

Таблиця 4.13 – Інші непрямі витрати фірми

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Охорона	Угода	500	6000
2. Реклама	Угода	10000	120000
3. Оренда	Угода	11000	132000
3. Транспортні витрати	Розрахунки	7500	90000
ВСЬОГО:			348000

4.6.5 Загально-виробничі витрати

В таблиці 4.14 бачимо аналіз загально-виробничих витрат.

Таблиця 4.14 – Загально-виробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1.Витрати на управління виробництвом	Розрахунок	64000	768000
2.Амортизація основних засобів загально-виробничого призначення	Розрахунок	22000	264000
3.Витрати на активи загально-виробничого призначення	Розрахунок	29000	348000
4.Витрати на вдосконалення технології та організації виробництва	Розрахунок	55000	660000
5.Витрати на опалення, освітлення, водопостачання та водовідведення	Розрахунок	1500	18000
6.Витрати на охорону праці і охорону навколишнього середовища	Розрахунок	5000	60000
ВСЬОГО:			2118000

4.6.6 Умовно-змінні витрати

В таблиці 4.15 бачимо аналіз умовно-змінних витрат при тому, що за місяць фірма встановлює 100 м².

Таблиця 4.15 – Загально-виробничі витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
Прямі матеріальні витрати	табл.5.4	27500	275000	825000	3300000
ФОП виробничого персоналу	табл. 5.5	156160	156160	468480	1873920
Транспортні витрати	табл. 5.7	1250	7500	22500	90000
ВСЬОГО:					5263920

4.6.7 Умовно-постійні витрати

В таблиці 4.16 бачимо аналіз умовно-постійних витрат при тому, що за місяць фірма облаштовує 1000 м².

Таблиця 4.16 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл.5.5	6162	61620	184860	739440
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.6	4957,0	29742,2	89226,5	356906
3. Оренда	табл. 5.7	1833,3	11000	33000	132000
4.Охорона	табл. 5.7	50	500	1500	6000
5.Реклама	табл. 5.7	1000	10000	30000	120000
ВСЬОГО:					1354346

4.6.8 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Таблиця 4.17 – Обґрунтування собівартості проекту

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		на одиницю	на місяць	на квартал	на рік
Умовно-змінні витрати	табл. 5.9	438660	438660	1315980	5263920
Умовно-постійні (накладні) витрати	табл.5.10	11286,2	112862,1	338586,5	1354346
Собівартість	стр.1+стр.2	551522,16	551522,16	1654566,5	6618266

4.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї

Таблиця 4.18 – Обґрунтування рівня рентабельності

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.12	грн.	551522,16
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		12
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2 +2,3+2,4+ 2,5+ 2,6+2,7	грн.	12329532
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	0
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	360250
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	160110
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	80055
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	120085
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.05 / 0.95$	грн.	300592
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.18$	грн.	1028027
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	$\frac{\text{п.2}}{\text{п.1}} \cdot 100\%$	%	27

4.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології

Таблиця 4.20 – Обґрунтування рівня рентабельності

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 17	грн.	551522,16
2. Норма рентабельності	табл. 18	%	27,00%
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	148910,98
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	700432
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	140086,4
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	840518

Для обґрунтування залежності між обсягами виробництва, прибутку та витратами доцільне формування ціни на основі беззбитковості виробництва. При цьому особлива увага приділяється аналізу випуску продукції, що дозволяє визначати критичний обсяг виробництва товару при якому витрати дорівнюють виручці від реалізації товару. При цьому підприємство не має ні прибутків, ні збитків, що означає такий обсяг виробництва товару, який покриває здійснені підприємством витрати [].

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку необхідне проведення маркетингового дослідження на продукти-аналоги. Результати досліджень записуються в таблицю 4.22.

Таблиця 4.22 – Порівняльний аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 5,13	грн.	840518
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку	Маркетингове дослідження ринку	грн.	120000
– Мінімальна		грн.	90000
– максимальна		грн.	160000
– середня		грн.	125000
3. Скоригована ціна реалізації			120000

4.9 Цільові групи потенційних споживачів

Таблиця 4.23 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Заклади освіти, житлові будинки, офіси і тд.	Залежність від рівня готовності споживача вкласти кошти в модернізацію або переобладнання або впровадження нових якісних технологій	Середня	Середні бар'єри входу в ринок
<i>Цільові групи: обрано заклади освіти так як працюємо у данному сегменті</i>				

4.10 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів []. В таблиці 4.24 представляємо структуру бізнес-моделі інноваційного обладнання або технології.

Таблиця 4.24. Структура бізнес моделі

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
Виробники жалюзі SolarGaps	Проектування та монтаж систем жалюзі з фотоелементами			
	Ключові ресурси	Прямі продажі послуг		
	Трудові, матеріальні, інформаційні, фінансові		Бюджетні установи(заклади освіти), офіси, житлові будинки	
Структура собівартості				Потоки надходження доходу: основний дохід від проектування, монтажу жалюзі з фотоелементами
1.Витрати разові (капітальні): облаштування офісу, закупівля необхідного обладнання.				
2.Витрати постійні: З/П адміністративно-технічного персоналу, амортизаційні відрахування, оренда, охорона, реклама				
3.Витрати змінні: З/П виробничого персоналу, транспортні витрати, витрати на комунальні послуги				

Висновки до розділу

У світлі постійно зростаючих тарифів на комунальні послуги, сонячні батареї стають все більш затребуваними, а винаходи з сонячними модулями набувають все більшої популярності.

З наближенням літа, сонячного тепла і світла стає з кожним днем все більше. А це означає, що офіс або клас вже необхідно захистити від яскравих сонячних променів. Розумні жалюзі здатні не просто захистити від світла, вони здатні відображати тепло, що надходить ззовні, економити на кондиціонуванні приміщення, і накопичувати сонячну енергію. Вони працюють за принципом сонячних батарей.

Сонячні жалюзі можна встановлювати як всередині приміщення, так і з зовнішньої сторони вікна. У другому випадку ефективність накопичення сонячного світла буде істотно відрізнятись в більшу сторону. Управляти системою розумних жалюзі можна за допомогою смартфона. Можна вибирати максимально вдалий кут нахилу пластин в залежності від попадання сонячних променів, і таким чином енергія, накопичуючись, потім трансформується в електричний струм. Обслуговувати систему жалюзі дуже просто - достатньо при просто протирати ламелі від пилу. Жалюзі дуже прості в установці і користувач сам їх зможе встановити після ознайомлення з інструкцією.

5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

5.1 Поточний стан

На даний момент у СЗШ № 74 система енергоменеджменту не впроваджена, тобто немає підрозділу або людини, яка б відстежувала рівень енергозбереження в учбовому закладі та покращував ефективність енерговикористання.

5.2 Опис заходу

Енергоменеджмент для підприємства – це метод управління енергоспоживанням та простий шлях забезпечення енергоефективності підприємства.

Головною особливістю системи енергоменеджменту є проведення типових вимірів і перевірок, які забезпечують таку роботу систем теплопостачання, при якій споживається тільки та кількість енергії, яка потрібна для підтримання комфортних умов в приміщенні підприємства.

В школі пропонується створити службу енергоменеджменту, яка б займалася питаннями енергозбереження. Основними обов'язками енергоменеджера є:

- збір та аналіз даних по споживанню паливно-енергетичних ресурсів;
- розробка та впровадження ефективної системи обліку енергоносіїв;
- складання карти споживання енергії;
- розробка лімітів споживання енергоносіїв;
- розробка пропозицій по впровадженню енергозберігаючих заходів;
- впровадження заходів по економії енергії, що не потребують інвестицій;
- інформація персоналу про діяльність енергетичного менеджменту.

Найважливішою функцією енергоменеджменту є моніторинг – збір та аналіз інформації про споживання енергоносіїв. Цей елемент енергоменеджменту необхідно впровадити в першу чергу.

Для впровадження моніторингу енергоносіїв потрібно дуже мало: людина, яка володіє основами теплотехніки, комп'ютер для обробки даних, лічильники тепла та їх щомісячні показники

Отримані дані можуть бути використані для порівняльного аналізу з метою вивчення впливу заходів по енергозбереженню на обсяги споживаної енергії. Роботи плануються, включаючи обов'язкову оцінку необхідних витрат. Проекти по енергозбереженню, котрі потребують значних капітальних витрат, повинні бути детально проаналізовані з визначенням першочерговості визначення задач.

Після впровадження заходів необхідно провести їх аналіз, і, якщо потрібно, то ввести корективи в план дій.

Енергетичний менеджмент має носити циклічний характер і тільки тоді він буде приносити постійні результати щодо економії.

Важливим моментом є впровадження автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи обліку, яка дає можливість контролювати та аналізувати енергоспоживання в різних часових інтервалах, збудувати енергобаланс об'єкту.

За 2018 рік школою було спожито 380,38 Гкал теплової енергії та 74437 кВт·год електричної енергії.

Як показує досвід, дуже велика кількість підприємств може істотно знизити свої енергетичні витрати за допомогою системи енергоменеджменту на 5-10%. Прийmemo, економія на начальному етапі буде складати 5%. Тоді річна економія енергоносіїв становитиме:

$$Q_{ек} = 0,05 \cdot Q, \quad (5.1)$$

де: Q – річне споживання енергії енергії;

$$Q_{тепл.ен} = 0,05 \cdot 380,38 = 19 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

$$Q_{ел.ен} = 0,05 \cdot 74437 = 3721,85 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Знайдемо економію в грошових одиницях:

$$E = Q_{ек} \cdot b, \quad (5.2)$$

де: b – тариф на споживану енергію.

$$E_{тепл.ен} = 19 \cdot 1325 = 25175 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

$$E_{ел.ен} = 3721,85 \cdot 1,9 = 7071,51 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Як можна побачити, впровадження системи енергоменеджменту у школу може приносити суттєву економію коштів. І найголовніше те, що даний захід не потребує великих капіталовкладень. Тому цей захід необхідно обов'язково впровадити для економії енергоресурсів.

Висновки до розділу

Енергетичний менеджмент являє собою систему, основною метою якої є систематичне підтримання ефективності енерговикористання будь-якого об'єкту на заданому рівні і періодичне зростання цієї ефективності.

Оскільки термін окупності впровадження проекту становить практично рік, то захід є прийнятним для впровадження, особливо, якщо врахувати збільшення цін на енергоносії в наступні роки.

ВИСНОВКИ

Під час проведення енергоаудиту ми змогли дослідити стан енергетичних систем школи. А саме огорожувальні конструкції, систему опалення, вентиляції та електричну схему. Було виявлено слабкі сторони школи з точки зору енергоефективності.

Також були проведені експериментальні дослідження щодо кліматичних умов у школі під час занять, особливо вміст CO₂. Стало зрозуміло, що в зимовий період відсутність добре працюючої системи вентиляції заборв'язує вчителів робити постійне провітрювання у кабінетах, що призводить до великих втрат теплоти з інфільтрацією. І навіть такі провітрювання не досить добре працюють, тому що рівень CO₂ протягом дня все одно зростає і вже після 3-4 уроку досягає рівня, який перевищує нормативний. Отже була запропонована модернізація системи вентиляції за допомогою автономних трубних рекуператорів. Це дозволить як зберігати тепло, так і підтримувати комфортні кліматичні умови. Великою перевагою є те, що такий захід можна реалізовувати поступово. Стосовно схеми електропостачання, це захід не потребує суттєвих змін схеми, що приведуть до додаткових капіталовкладень.

Було розроблено стартап-проект про створення фірми, яка буде проектувати та встановлювати системи жалюзі з фотоелектричними елементами у закладах освіти, офісах, квартирах і т.д. У наші часи використання зеленої енергетики є дуже важливо з точки зору ідей сталого розвитку.

Також було запропоновано ввести систему енергоменеджмента у школі, яка дозволить без суттєвих капіталовкладень значно зменшити споживання школою енергоресурсів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008 - [Чинний від 2008-12-09] – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 56 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – [Чинний від 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України)
3. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. – [Чин. від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с. – (Національний стандарт України).
4. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року. – [Чинний від 01.04.2007]. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).
6. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 2662985 ; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с. – (Державний стандарт України).
7. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. зі Зміною №64 від 15 лютого 2010 року. – [Чинний від 01.10.2010]. - К.: Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 108 с.
8. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В.2.5-23:2010. –

Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).

9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. На заміну СНиП II-4-79; чинний з 01.10.2006. – К. : Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 96 с. – (Державні будівельні норми України).

10. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244–94. – К.:ЗАТ „ВІПОЛ”. – 2001. – 376с. – (Нормативний документ Державного комітету по житлово-комунальному господарству).

11. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель: ДСТУ Б В.2.2-39:2016 наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 р. № 159, чинний з 2017-01-01.

12. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень; чинний з 01.12.99. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, – 35с. (Державні санітарні норми та правила).

13. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку; чинний з 01.12.99. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, – 35с. (Державні санітарні норми та правила).

14. ДБН В.2.2-28:2010. Державні будівельні норми. Адміністративні та побутові будівлі; чинний з 01.10.2011р. – К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, – 34с. (Державні будівельні норми України).

15. Розрахунок електричних навантажень квартир і котеджів.
<http://www.eti.su/>

16. Круш, П. В. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка»,

спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ).